



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO
SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO,
TRUJILLO – 2019

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Armando Edwar Rojas Ledesma

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2019

DEDICATORIA

A DIOS

Esta tesis va dedicada en primer lugar a Dios por darme la vida y su bendición. Él es mi Dios que restauró mi ser, guiándome por el camino de la vida; me enseñó que la grandeza del hombre se encuentra en amar al prójimo.

A MI FAMILIA

Asimismo, esta tesis va dedicado a mis padres quienes me brindaron su amor incondicional en todas las etapas de mi vida, fortalecieron mi alma de emprendedor y me brindaron maravillosos e inolvidables consejos. Al mismo tiempo va dedicado a mis hermanos por ofrecermme su apoyo y comprensión en todo momento.

AMISTADES Y PROFESORES

Considero que, en señal de gratitud este trabajo también va dedicado a todos los que me han apoyado y han hecho que el trabajo se desarrolle y sea un éxito.

A PRONABEC – BECA 18

Por haberme concedido una beca completa y así poder estudiar en la Universidad Privada del Norte una carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por estar siempre a mi lado cuidándome y bendiciéndome en todo lo que hago. Por guiarme en el sedero de la justicia y de la verdad. Por transformarme en un hombre íntegro y sabio. Por ser un Dios de amor y misericordia. Por darme el coraje y las fuerzas necesarias para seguir y concluir mis metas. El motivo más grande es que gracias a él sigo vivo y sé que me seguirá cuidando y bendiciendo todos los días de mi vida.

A MI FAMILIA

A mis padres, Magna Ledesma y Elias Guillén por permanecer siempre a mi lado. Por su comprensión y amor incondicional. Por tener la paciencia y el coraje de brindarme sus sabios consejos para ser un hombre prudente.

A mis hermanos Raimando Rojas, Sabina Rojas, Yolanda Rojas y Yamileck Guillén por ser buenos consejeros de vida. Por ayudarme a fortalecer mis valores día a día. Por enseñarme el sentido de la vida.

A PRONABEC – BECA 18

Por brindarme el apoyo económico para estudiar una carrera profesional en la Universidad Privada del Norte. Por su preocupación a formarme en un profesional de excelencia. Además, por sus portentosos consejos que me marcaron la vida.

A MI ASESOR

A mi asesor Alberto Rubén Vásquez Díaz, por el apoyo y la confianza que me brindó durante el desarrollo de este trabajo de tesis. Por la dedicación y la enseñanza transmitidas día a día.

A MIS MAESTROS

Por compartir sus conocimientos sin condición, por ser un libro abierto. Por la confianza y el apoyo que me ofrecieron en todo momento. Fueron parte importante de mi aprendizaje.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	12
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.1.1. Problema de investigación	16
1.1.2. Antecedentes	22
1.1.3. Bases teóricas	31
1.1.3.1. Materiales	31
1.1.3.1.1. Cemento	31
1.1.3.1.1.1. Fabricación de cemento portland	32
1.1.3.1.1.2. Composición química del cemento portland	33
1.1.3.1.1.3. Hidratación del cemento	33
1.1.3.1.2. Agregados	33
1.1.3.1.2.1. Ensayos para los agregados	34
1.1.3.1.2.1.1. Contenido de humedad	34
1.1.3.1.2.1.2. Granulometría	36
1.1.3.1.2.1.3. Peso Unitario	38
1.1.3.1.2.1.4. Peso específico y absorción	39
1.1.3.1.3. Agua para el concreto	41
1.1.3.2. Cerámica	42
1.1.3.2.1. Definición	42
1.1.3.2.2. Cerámica como material decorativo	42
1.1.3.2.3. La cerámica como adición en el concreto.	42
1.1.3.2.4. Materias primas de la cerámica	42
1.1.3.2.4.1. Arcilla	42
1.1.3.2.4.2. Cuarzo	43

1.1.3.2.4.3. Feldespato o talcos	43
1.1.3.2.5. Temperatura de cocción para la fabricación de la cerámica	43
1.1.3.3. Diseño de mezcla por el método del ACI 211	43
1.1.3.4. Concreto	48
1.1.3.4.1. Definición.....	48
1.1.3.4.2. Estado.....	49
1.1.3.4.2.1. Estado fresco	49
1.1.3.4.2.2. Estado endurecido	49
1.1.3.5. Resistencia a la compresión para probetas de concreto	49
1.1.3.5.1. Definición.....	49
1.1.3.5.2. Tipos de fracturas	50
1.1.3.5.3. Cálculo	50
1.1.3.6. Estadística.....	51
1.1.3.6.1. Media Aritmética	51
1.1.3.6.2. Varianza	51
1.1.3.6.3. Desviación típica.....	52
1.1.3.6.4. Tamaño de la muestra	52
1.1.3.6.5. Prueba de normalidad.....	53
1.1.3.6.5.1. Test de Shapiro-Wilk	53
1.1.3.6.6. Homogeneidad de varianza	54
1.1.3.6.6.1. Test de Levene	54
1.1.3.6.7. Pruebas de hipótesis	54
1.1.3.6.7.1. ANOVA.....	54
1.1.3.6.8. Statistical Package for the Social Sciencies (SPSS).....	55
1.1.3.7. Definición de términos básicos.....	55
1.1.3.7.1. Cemento	55
1.1.3.7.2. Cerámica	55
1.1.3.7.3. Concreto.....	56
1.1.3.7.4. Residuos.....	56

1.1.3.7.5. Residuos de cerámica	56
1.1.3.7.6. Resistencia a la compresión	56
1.1.3.7.7. Sustitución porcentual	56
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	57
1.3. JUSTIFICACIÓN	57
1.4. OBJETIVOS	58
1.4.1. Objetivo general	58
1.4.2. Objetivos específicos	58
1.5. HIPÓTESIS	59
1.5.1. Hipótesis General	59
1.5.2. Hipótesis específicas	60
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	65
2.1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	65
2.1.1. Variable dependiente	65
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	66
2.3. UNIDAD DE ESTUDIO	67
2.4. POBLACIÓN	67
2.5. MUESTRA	68
2.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	72
2.6.1. Técnica de recolección de datos	72
2.6.2. Instrumento de recolección de datos	72
2.6.3. Procedimiento de recolección de datos	73
2.6.3.1. Obtención y caracterización de los agregados	74
2.6.3.1.1. Obtención de los materiales	74
2.6.3.1.1.1. Agregados fino y agregado grueso	74
2.6.3.1.1.2. Agua	74
2.6.3.1.1.3. Cemento	74
2.6.3.1.1.4. Residuos de cerámica	74
2.6.3.1.2. Caracterización de los agregados	75

2.6.3.1.2.1.	Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012, 2013).....	75
2.6.3.1.2.2.	Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185)	79
2.6.3.1.2.3.	Peso unitario suelto y compacto del agregado fino y grueso (NTP 400.017)	81
2.6.3.1.2.4.	Peso específico y absorción de los agregados	84
2.6.3.1.2.4.1.	Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022).....	84
2.6.3.1.2.4.2.	Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).....	86
2.6.3.2.	Diseño de mezcla ACI 211	89
2.6.3.3.	Elaboración de las probetas de concreto.....	93
2.6.3.4.	Resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto	94
2.7.	MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	95
2.7.1.	Método de análisis de datos.....	95
2.7.2.	Instrumento de análisis de datos	95
2.7.3.	Procedimiento de análisis de datos	96
CAPÍTULO 3.	RESULTADOS	98
3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.....	98
3.2.	DISEÑO DE MEZCLA	99
3.3.	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO	100
3.4.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	101
3.4.1.	Resistencia a la compresión a los 14 días de curado	101
3.4.2.	Resistencia a la compresión a los 21 días	102
3.4.3.	Resistencia a la compresión a los 28 días	103
3.5.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	104
3.5.1.	Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 14 días de curado	104
3.5.2.	Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 21 días de curado	106
3.5.3.	Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 28 días de curado	109
CAPÍTULO 4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	113
4.1.	DISCUSIÓN.....	113
4.1.1.	Caracterización de agregados	113
4.1.2.	Diseño de mezcla del concreto	114

4.1.3. Asentamiento del concreto	114
4.1.4. Resistencia a la compresión.....	115
4.2. CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES	121
REFERENCIAS	122
ANEXOS	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Compuestos principales del cemento portland	33
Tabla 2: Tamaño de la muestra mínima de agregado para el contenido humedad	35
Tabla 3: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico	36
Tabla 4: Requisitos granulométrico del agregado fino	37
Tabla 5: Requisitos granulométrico del agregado grueso - HUSO 67	37
Tabla 6: Densidad del agua	38
Tabla 7: Masa mínima de agregado grueso	39
Tabla 8: Análisis típico de agua para la fabricación de concreto	41
Tabla 9: Resistencia a la compresión requerida	43
Tabla 10: Asentamiento de diseño	44
Tabla 11: Asentamiento dependiendo del tipo de construcción	44
Tabla 12: Volumen de agua en l/m^3	45
Tabla 13: Contenido de aire atrapado	46
Tabla 14: Relación de agua y cemento	46
Tabla 15: Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto	47
Tabla 16: Hipótesis general	59
Tabla 17: Hipótesis específica 01	60
Tabla 18: Hipótesis específica 02	61
Tabla 19: Hipótesis específica 03	62
Tabla 20: Hipótesis específica 04	63
Tabla 21: Hipótesis específica 05	64
Tabla 22: Operacionalización de variables	65
Tabla 23: Características del molde cilíndrico	67
Tabla 24: Valores de la distribución normal estandarizada	69
Tabla 25: Obtención de la desviación estándar de otra tesis	70
Tabla 26: Muestra de especímenes de concreto para 14 días, 21 días y 28 días de curado	71
Tabla 27: Muestra mínima de la muestra de agregado grueso en el análisis granulométrico	76
Tabla 28: Tamices empleados en la granulometría del agregado fino	77

Tabla 29: Tamices empleados en la granulometría del agregado grueso.....	77
Tabla 30: Cantidad mínima de agregado para el contenido humedad	80
Tabla 31: Densidad del agua respecto a su temperatura	82
Tabla 32: Masa mínima para peso específico del agregado grueso	87
Tabla 33: Resistencia a la compresión requerida	89
Tabla 34: Asentamiento de diseño.....	89
Tabla 35: Volumen de agua en l/m ³	90
Tabla 36: Contenido de aire atrapado.....	90
Tabla 37: Relación de agua y cemento	91
Tabla 38: Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto.....	92
Tabla 39: Caracterización de los agregado	98
Tabla 40: Resumen de Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo	99
Tabla 41: Dosificación de los materiales para los diferentes porcentajes de adición	100
Tabla 42: Asentamiento del concreto	100
Tabla 43: Resistencia a la compresión a los 14 días de curado	101
Tabla 44: Resistencia a la compresión a los 21 días de curado	102
Tabla 45: Resistencia a la compresión a los 28 días de curado	103
Tabla 46: Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 14 días.....	104
Tabla 47: Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 14 días	105
Tabla 48: Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 14 días	106
Tabla 49: Prueba de hipótesis a los 14 días con ANOVA de un factor	106
Tabla 50: Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 21 días.....	107
Tabla 51: Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 21 días	108
Tabla 52: Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 21 días	108
Tabla 53: Prueba de hipótesis a los 21 días con ANOVA de un factor	109
Tabla 54: Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 28 días.....	110
Tabla 55: Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 28 días	111
Tabla 56: Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 28 días	111
Tabla 57: Prueba de hipótesis a los 28 días con ANOVA de un factor	112

Tabla 58: Resistencia a la compresión promedio a los 14 días, 21 días y 28.	116
Tabla 59: Análisis granulométrico del agregado fino.....	126
Tabla 60: Análisis granulométrico de agregado grueso.....	127
Tabla 61: Contenido de humedad del agregado fino	128
Tabla: 62: Contenido de humedad del agregado grueso.....	128
Tabla 63: Peso unitario seco compactado del agregado fino	129
Tabla 64: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	130
Tabla 65: Peso unitario seco suelto del agregado fino.....	131
Tabla 66: Peso unitario seco suelto del agregado grueso	132
Tabla 67: Peso específico y absorción del agregado fino	133
Tabla 68: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	134
Tabla 69: Descripción del cemento Pacasmayo Tipo I.....	138
Tabla 70: Resistencia a la compresión requerida	139
Tabla 71: Asentamiento de diseño.....	139
Tabla 72: Asentamiento de tipo de construcción.....	140
Tabla 73: Volumen de agua en l/m ³	141
Tabla 74: Contenido de aire atrapado.....	141
Tabla 75: Relación de agua y cemento	142
Tabla 76: Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto.....	143
Tabla 77: Resumen parcial de los pesos secos y volúmenes de los materiales.....	144
Tabla 78: Resumen de los pesos secos y volúmenes de los materiales	145
Tabla 79: Corrección por % de absorción – Peso Saturado Superficialmente Seco	146
Tabla 80: Corrección por % de humedad – Peso Húmedo	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cemento Pacasmayo Tipo I	32
Figura 2: Tipo de fracturas de especímenes de concreto	50
Figura 3: Diseño de Investigación	66
Figura 4: Tipo de Muestreo y Tamaño de Muestra.	68
Figura 5: Técnica e Instrumento de recolección de datos.....	72
Figura 6: Procedimiento de Recolección de Datos	73
Figura 7: Asentamiento de las mezclas con diferente % de adición de RC	115
Figura 8: Comparación de la resistencia a la compresión para las tres edades de curado	118
Figura 9: Diagrama de barras para todos los % de adición de RC a los 14, 21 y 28 días de curado	118
Figura 10: Curva granulométrica del agregado fino	135
Figura 11: Curva granulométrica del agregado grueso.....	136
Figura 12: Curva de influencia para probetas patrón según los días de curado	153
Figura 13: Diagrama de barras para probetas patrón según los días de curado.	153
Figura 14: Curva de influencia para 5% de RC según los días de curado	154
Figura 15: Diagrama de barras para 5% de RC según los días de curado	154
Figura 16: Curva de influencia para 10% de RC según los días de curado	155
Figura 17: Diagrama de barras para 10% de RC según los días de curado	155
Figura 18: Curva de influencia para 15% de RC según los días de curado	156
Figura 19: Diagrama de barras para 15% de RC según los días de curado	156
Figura 20: Curva de influencia para 20% de RC según los días de curado	157
Figura 21: Diagrama de barras para 20% de RC según los días de curado	157
Figura 22: Curva de influencia para 25% de RC según los días de curado	158
Figura 23: Diagrama de barras para 25% de RC según los días de curado	158
Figura 24: Costo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición	165
Figura 25: Costo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición	171
Figura 26: Chancado primario de residuos de cerámica.....	172
Figura 27: Chancado secundario de residuos de cerámica	173
Figura 28: Chancado terciario de residuos de cerámica	174

Figura 29: Granulometría del agregado fino y grueso	175
Figura 30: Contenido de humedad del agregado fino y grueso	176
Figura 31: Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	177
Figura 32: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino	178
Figura 33: Asentamiento del concreto con adición de residuos de cerámica	179
Figura 34: Peso específico del agregado grueso	180
Figura 35: Peso específico del agregado fino	181
Figura 36: Probetas con diferentes porcentajes de adición de residuos de cerámica	182
Figura 37: Probetas sometidas a la máquina de compresión.	183

RESUMEN

El propósito de esta investigación es determinar la influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto. Además, el diseño de investigación es de tipo experimental puro. En cuanto a la muestra el tipo de muestreo es probabilístico; con respecto a la recolección de datos se utilizó como técnica la observación y como instrumento la guía de observación. Por otro lado, se empleó la inferencia estadística para analizar los datos obtenidos. Se realizó 72 probetas de concreto para ser ensayadas a la edad de 14, 21 y 28 días. Conviene subrayar que se consideró 6 tipos de porcentajes (0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25 %) para sustituir al cemento por residuos de cerámica. A los 28 días, la resistencia promedio de las probetas con 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25 % de residuos de cerámica fueron de 242.13 kg/cm², 227.04 kg/cm², 246.78 kg/cm², 241.17 kg/cm², 224.61 kg/cm² y 195.32 kg/cm². En conclusión, la adición de residuos de cerámica influye positivamente sobre la resistencia a la compresión del concreto, esto se logra cuando el porcentaje de sustitución de cemento es igual a 10% para un diseño de mezcla de $f'c = 210$ kg/cm². Por el contrario, la resistencia a compresión disminuye considerablemente cuando el porcentaje de sustitución de cemento es igual a 25%.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the influence of ceramic residues as a percentage replacement of cement on the compressive strength of concrete. In addition, the research design is pure experimental type. Regarding the sample, the type of sampling is probabilistic; With regard to data collection, observation was used as a technique and the observation guide was used as an instrument. On the other hand, statistical inference was used to analyze the data obtained. 72 concrete specimens were made to be tested at the age of 14, 21 and 28 days. It should be noted that 6 types of percentages (0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%) were considered to replace cement with ceramic waste. After 28 days, the average resistance of the test pieces with 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of ceramic residues was 242.13 kg/cm², 227.04 kg/cm², 246.78 kg/cm², 241.17 kg/cm², 224.61 kg/cm² and 195.32 kg/cm². In conclusion, the addition of ceramic waste has a positive influence on the compressive strength of concrete, this is achieved when the percentage of cement substitution is equal to 10% for a mix design of $f'_c=210$ kg/cm². On the contrary, the compressive strength decreases considerably when the percentage of cement substitution is equal to 25%.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Problema de investigación

En el campo de la construcción existen un sinnúmero de materiales que después de su uso son desechados y llevados a vertederos, es por ello, que daremos uso a uno de estos materiales cuyo nombre es conocido como “cerámica”. El mundo de la investigación sigue su curso originando nuevas mejoras en el concreto así que, pondremos en práctica los conocimientos adquiridos para reutilizar los residuos de cerámica y mezclarlo con el concreto para aumentar la resistencia a la compresión de éste. También mitigaremos la contaminación del ambiente, ya que son muchos de estos residuos que se encuentran en distintos botaderos del mundo. Según Espinosa et al. (2007) menciona que, es importante conocer la composición de los residuos para poder reciclarlos, darle nuevos tratamientos y poder realizar investigaciones.

El caolín es un material que se está estudiando como parte del concreto (en sustitución porcentual del cemento); para obtener buenos resultados siempre hay que tener en cuenta los porcentajes que se le añadirá al concreto. Con los resultados obtenidos se comprobó la hipótesis mediante los ensayos, así que la resistencia a la compresión crece si y solo si incrementamos el porcentaje de caolín. La sustitución de cemento por caolín en porcentajes de 5%, 10% y 15%, demuestra que la resistencia a la compresión es directamente proporcional al porcentaje de caolín; estos resultados fueron evaluados a la edad de 28 días (Acosta, 2017).

Se le añade al concreto polvo de aluminio en porcentajes del peso del cemento, para comprobar si la resistencia a la compresión, el slump, la absorción y la densidad del concreto son mejoradas. Se demostró que para un concreto patrón (0% de polvo de aluminio) la

resistencia a la compresión fue de 224 kg/cm^2 , con un slump de 4", con una absorción de 2.22% y una densidad de 2268 kg/m^3 . El diseño más favorable fue cuando se añadió un 1.5% de polvo de aluminio y al mismo tiempo se añadió superplastificante dando una resistencia a la compresión de 236 kg/cm^2 , un slump de 4", una absorción de 3.07% y una densidad de 1765.55 kg/m^3 . Sin embargo, para un concreto sin superplastificante y con 1.5% de polvo de aluminio se consiguió la resistencia a la compresión que fue de 195 kg/cm^2 , un slump de 3 1/4", una absorción de 4.32% y una densidad de 1783 (Velarde, 2017).

La investigación tiene como objetivo conseguir los porcentajes adecuados de vidrio molido que se sustituirá al cemento para obtener resultados excelentes, para eso se regirá según las normas vigentes NTP, ACI, ASTM, AASHTO. El diseño de mezcla del concreto se realizó con el Método de Finura de la Combinación de Agregados, los porcentajes que se tomaron fueron de 15%, 20% y 25% de vidrio molido para sustituir porcentualmente al cemento. Además, las probetas fueron ensayadas en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca a las edades de 7 días, 14 días y 28 días (...) las resistencias a la compresión en los diferentes porcentajes respecto al concreto patrón fueron de 77.91%, 96.15% y 79.91% para una edad de 28 días. Por último, se deduce que el porcentaje que se recomienda porque tiene resultados estupendos es el de 20% de vidrio molido, puesto que la resistencia a la compresión a los 7 días fue de 91.34% (mayor que los otros porcentajes ensayados a los 7 días), a los 14 días fue de 93.31% (mayor que los otros porcentajes ensayados a los 14 días) y a los 28 días fue de 96.15% (mayor que los otros porcentajes ensayados a los 28 días). Cabe mencionar que el concreto con 20% de vidrio molido no logra superar al concreto patrón. Por último, si se le agrega mayor porcentaje de vidrio molido la mezcla se vuelve más fluida y poco trabajable (Vasquez, 2014).

Según Molina (2008) menciona que, “los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la incorporación de cenizas como sustituto parcial del cemento portland varía el comportamiento del hormigón en función de las características físicas y químicas de los cementos empleados, a pesar de que éstos estén catalogados bajo la misma designación de cementos comunes.”

Se estudiará en el presente trabajo de investigación la influencia de los desechos cerámicos desmenuzados en el mortero, pero como reemplazante porcentual del peso del cemento. Así mismo, se obtuvo que las resistencias a la compresión eran parecidas al comparar el mortero con 3%, 5%, 7%, 10% con el mortero sin desechos cerámicos (100% cemento) por otro lado el mortero con 15 % de desecho cerámico la resistencia a la compresión empezó a disminuir. Esta investigación trae ventajas importantes puesto que disminuye el costo del mortero y mantiene su resistencia a la compresión de éste. Se utilizó las normas de la ASTM y NTE para estudio de la caracterización de los materiales y resistencia del mortero (Chicaiza & Guerra, 2017).

Cuando se reemplaza porcentualmente al agregado grueso por ecogravilla de escoria de acero a un 50% y utilizando cemento tipo ICO, resulta que aumenta la resistencia a la compresión a un 12% y reduce un 67% la permeabilidad del concreto. Además, se analizó el concreto con el mismo porcentaje de reemplazo del agregado grueso aunque con otro tipo de cemento (cemento tipo V) originando un aumento considerable de 25.60% en la resistencia a la compresión y una reducción de 59% en la permeabilidad (Corcuera & Vela, 2018).

En este trabajo de investigación se buscaba estudiar el comportamiento del concreto añadiéndole varios porcentajes de vidrio en sustitución del agregado fino; los porcentajes

que se tomaron fueron de 10%, 20%, 30% y 40%. Se concluyó que las resistencias a la compresión fueron menores al concreto patrón (0% de vidrio) cuando se añadió al concreto el 10%, 20 % y 30% de vidrio. Por otro lado, la resistencia mejoró a comparación del concreto patrón cuando se le añadió un 40% de vidrio por tanto, se obtuvo un 111.8% de la resistencia de diseño (Peñañiel, 2016).

Se diseñó para un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y se estudió la resistencia a la compresión de éste incluyendo en porcentajes viruta de acero en reemplazo de agregado fino para distintas edades (7 días, 14 días y 28 días). Para un 2%, 4% y 6% de viruta de acero se obtuvo un aumento de 9.02%, 12.47% y 15.58% respecto a la muestra patrón con una resistencia a compresión de $f'c = 190.79 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 196.82 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 202.26 \text{ kg/cm}^2$. Por tanto, es notorio que cuanto más sea el porcentaje de viruta de acero en el concreto aumentará su resistencia a la compresión (Pacheco, 2016).

Este artículo anuncia que en Canadá existe dos empresarios que aseguran fabricar concreto sin cemento; la técnica que utilizan es añadir escoria de acero al concreto (fue sustituido el total de cemento por escoria de acero en la mezcla de concreto). La empresa que fabrica cuyo nombre es Carbitrete. Se dice que este nuevo concreto reduce significativamente las emisiones de carbono. La metodología que ponen en práctica es combinar escoria de acero con dióxido de carbono; y por consiguiente para que la mezcla pueda producir la reacción química se coloca bajo presión. Esto no requiere de calor para cumplir su cometido (reacción química) originando un componente que es importante para fabricar cemento y este es el famoso carbonato de calcio (...) los empresarios canadienses aseguran que fabricar concreto con escoria de acero sería más económico, con un 20% menos en costo. Además, afirman que la resistencia a la compresión de su concreto tiene un aumento en un 30% y 40% en comparación del concreto con cemento (Oliveira Fausto, 2018).

La reutilización de materiales de construcción sigue siendo de gran interés en el ámbito de la construcción ya que son muchas las investigaciones que se lleva a cabo en la actualidad siendo su objetivo primordial mejorar la resistencia a la compresión del concreto. Según Jordan & Viera (2014) afirma: “El reciclaje del residuo de construcción y demolición viene siendo estudiado desde muchos años atrás. En particular, no existen claros apuntes que lo señalen como un elemento a ser desechado de funciones resistentes, sin embargo, debido a la gran escasez experimental sobre las características estructurales que tiene este material, su empleo en la actualidad es limitado a usos carentes de solicitud significativa del material.” Cuando empezamos a reconocer la importancia y la eficacia que tienen para el mejoramiento del concreto algunos materiales de construcción reciclados daremos el primer paso para mitigar los residuos que afectan al ambiente.

Según Galvez (2018) encontró que: “Los resultados de resistencia a compresión muestran un incremento al 10% y 20%, cuando se reemplaza huesos calcinados. A partir del 30% la resistencia empieza a disminuir. Por lo cual su máxima resistencia sucede al 20% de reemplazo a los agregados finos (arena fina y gruesa), con la relación 1:3 alcanzando valores de 283 kg/cm^2 y 372 kg/cm^2 , respectivamente.”

Los estudios demuestran que la resistencia a la compresión del concreto depende del porcentaje que se le añade de material reciclado. En algunas investigaciones se concluye, para que el concreto sea favorable de acuerdo con lo diseñado se le debe de agregar un máximo de material reciclado en porcentajes. Por otro lado, cabe mencionar que en la actualidad la construcción está en su máximo apogeo, por tal razón es necesario buscar métodos para incrementar la resistencia a la compresión del concreto. Es importante averiguar que tanto porcentaje se le debe de añadir al concreto para que su resistencia a la compresión sea óptima.

En la actualidad muchas investigaciones han demostrado que el uso de materiales reciclados mejora considerablemente la resistencia a la compresión del concreto. Además, que puede contribuir significativamente en la mitigación de los efectos invernaderos que éste produce. Conocer algún material de construcción que se puede reciclar y reutilizar en el ámbito de la construcción puede traer beneficios para la población. Es por ello, que mi mayor objetivo es aumentar la resistencia a la compresión del concreto mediante el uso de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento. Si la investigación obtuviese resultados positivos, estaríamos aptos para poder decir que los residuos de cerámica son beneficiosos para el concreto, en caso contrario no cumpliera con lo diseñado se tendría que evaluar con otros tipos de porcentajes y con otros tamaños de partículas de residuos de cerámica.

La investigación es fundamental en el campo de la construcción, porque no solo se buscará obtener un concreto de igual o de mayor resistencia a la compresión, sino que mitigará la contaminación que genera en el ambiente. Este último punto se refiere que, al reutilizar los residuos cerámicos como parte porcentual del cemento, se reducirá la producción de cemento, por ende, la contaminación disminuirá. Por tanto, esta investigación se realizará mediante ensayos en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, analizando minuciosamente la influencia de residuos de cerámica en la resistencia a la compresión del concreto. Para eso se tendrá que recurrir a investigaciones similares y normas para que avalen la investigación. Asimismo, estas investigaciones demuestran que, al adicionarle en porcentaje, estos le dan un aumento en su resistencia a la compresión, es por ello que me profundizaré en investigar de cómo influye los residuos de cerámica en el concreto.

Las consecuencias de no realizar este estudio conllevan a no fomentar el interés sobre el uso y estudio de los nuevos materiales reciclado existentes en el campo de la construcción,

además de desaprovechar parte de las nuevas tecnologías brindadas por la Universidad Privada del Norte para sus respectivos ensayos. Los distintos materiales reciclados están siendo utilizados en todo el mundo e incluso en nuestro país; en nuestra ciudad estas aplicaciones constructivas deben de obtener toda la ayuda necesaria si se desea que se profundice más sobre las diferentes aplicaciones que se le puede dar a los residuos de cerámica en la construcción.

1.1.2. Antecedentes

❖ Título: “EL USO DE POLVO DE RESIDUOS DE CERÁMICA (CWP) EN HACIENDO HORMIGÓN ECO – AMIGABLE”,

El- Dieb, Taha, & Abu-Eishah (2018). Evaluaron la influencia del polvo de residuos de cerámica para sustituir parcialmente el cemento (0, 10, 20, 30 y 40% en peso) en diferentes mezclas. Se estudian dos grados de hormigón con diferentes contenidos de cemento (25 y 50 MPa). Las mezclas se eligen para cubrir varias aplicaciones y diferentes contenidos de cemento. Todas las mezclas están diseñadas para tener un valor de asentamiento de 60 a 100 mm. El tiempo para alcanzar cero depresiones se utiliza para evaluar la retención de la trabajabilidad de las mezclas de hormigón. El desarrollo de resistencia a la compresión con la edad (es decir, 7, 28 y 90 días) y la contracción por secado (es decir, 120 días), se miden la penetración de iones cloruro rápida. La reducción de la fuerza es proporcional al contenido de CWP. A una edad tardía (es decir, 90 días) todas las 25 mezclas MPa incluyendo CWP lograr resistencia a la compresión valores superiores a la fuerza de blanco. La mezcla con 10% CWP muestra la más alta resistencia a la compresión. La ganancia de resistencia a los 90 días de edad podría ser debido a las características puzolánicas del material de CWP. El CWP contiene alto contenido de sílice y alúmina (es decir, > 80%). Además, se caracteriza por tener algún contenido

amorfo que muestra la actividad puzolánica especialmente a edades tardías. Por lo tanto, CWP tiene potencial fuerte para usarse como ingrediente en la fabricación de hormigones ecológicos. El uso de CWP como ingrediente en la fabricación de CVC es viable. el hormigón de alto rendimiento se puede producir mediante la inclusión de CWP de sustitución de cemento como parcial. CWP mejora la retención de la trabajabilidad de las mezclas de CVC. La inclusión de CWP reducirá la resistencia a edad temprana y frenado el desarrollo de la fuerza. Mejora significativa de CVC durabilidad se puede lograr mediante la inclusión de alto contenido de CWP. El rendimiento CVC varía de acuerdo con el contenido de CWP. CWP se puede utilizar en el intervalo de 10-20% para mejorar la retención trabajabilidad y desarrollo de la fuerza de retraso. Se necesita un contenido de CWP que van desde 30 a 40% para mejorar la durabilidad. Si el rendimiento de mezcla requiere la combinación de trabajabilidad de retención, resistencia y durabilidad, un contenido de CWP que van desde 20 a 30% se puede utilizar para optimizar todas las características requeridas.

- ❖ Título: “EFECTO DEL REEMPLAZO DE CEMENTO PORTLAND POR EL DIÓXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO”, Jimenez y Moreno (2016). Evaluaron el efecto en las propiedades del mortero con reemplazo del cemento Portland por TiO_2 . Este ensayo se realizó en base a la norma ASTM - C109; la compresión se midió sobre cubos de 50 mm o 2” compactados en dos capas, para la realización de este ensayo fueron necesarios 45 cubos. Los cubos fueron curados un día en los moldes y se desmoldaron e ingresaron a la cámara húmeda hasta el día del ensayo. Los ensayos de compresión se realizaron a los 7, 14, y 28 días de curado de la muestra, se ensayaron 9 cubos de cada porcentaje de TiO_2 presente en la muestra, 3 para cada día de curado. Posteriormente se realiza una comparación de la resistencia con

0% de dióxido de titanio contra la resistencia más alta y más baja, en este caso 5% y 8,5% respectivamente, mientras que la muestra restante (M7.5%) su comportamiento es igual a la muestra patrón, teniendo como resultado para 0% de TiO_2 , 5% de TiO_2 y 8.5% de TiO_2 una resistencia a la compresión de 24.2 kg/cm^2 , 25.58 kg/cm^2 y 22.5 kg/cm^2 . En el ensayo realizado de compresión a los 28 días, el mortero con 5% de TiO_2 reemplazado en el cemento obtuvo un incremento en la resistencia a la compresión de hasta 6%; por otra parte, los morteros con 7.5% y 8.5% mostraron una disminución de su resistencia, esto debido al aumento de la porosidad evidenciado en el ensayo de densidad y absorción. El aporte de esta tesis es muy significativo porque demuestra que existe un porcentaje (5% de TiO_2) en el cual el cemento si puede ser reemplazado por el TiO_2 (tamaño de partículas de 0.05 um) y poseer una influencia positiva en el concreto.

- ❖ Título: “EFECTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AL REEMPLAZAR PORCENTUALMENTE CEMENTO POR VIDRIO MOLIDO LAS MEZCLAS DE HORMIGÓN”,

Tejeda (2014). Estudió la influencia del reemplazo porcentual de 0, 15, 20 y 25% en peso de cemento con vidrio molido, sobre la resistencia mecánica del hormigón. Para determinar el efecto en la resistencia a la compresión del hormigón al reemplazar porcentualmente al cemento por vidrio molido en proporciones de 0%, 15%, 20%, 25% en las mezclas de hormigón, debido a las características puzolánicas que ha mostrado el vidrio, en estudios anteriores. Se elaboraron probetas cilíndricas de 6"x12" de hormigón con vidrio molido en las proporciones mencionadas, según los procedimientos indicados en la NTP 339.033 ó ASTM C 3, las cuales luego fueron ensayadas en la máquina de compresión según la NTP 339.034 ó ASTM C 39, determinando de esta forma su resistencia a la compresión. Y la ruptura de las probetas a los 28 días de los tratamientos

con 15%, 20%, 25% de vidrio molido en reemplazo del cemento son: 77.91%, 96.15%, 79.91% con respecto del hormigón patrón en promedio. De los resultados obtenidos se puede deducir que las probetas ensayadas con el 20% de vidrio molido de reemplazo del cemento se aproximan (96.15%) al hormigón patrón, pero no lo superan. De los resultados obtenidos se concluye que la mezcla con 20% de vidrio molido en reemplazo de cemento logra superar a los otros dos tratamientos con 15%, 25% de vidrio molido en reemplazo de cemento, pero no a la mezcla patrón; en resistencia a la compresión a las diferentes edades ensayadas.

A pesar de tener una resistencia a la compresión menor a la muestra patrón (0% de vidrio) aporta mucho a investigaciones posteriores. En el trabajo de investigación mencionado anteriormente se rescata que no todos los materiales reciclados pueden reemplazar al cemento e influenciar positivamente en el concreto. Es el caso de este estudio que tomo como material reciclado al vidrio para comprobar la influencia del vidrio (tamaño de partículas 150 μm) en sustitución del cemento, pero sus hipótesis fueron invalidadas.

- ❖ Título: “INFLUENCIA DE LA CASCARILLA Y CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL, TRUJILLO 2018”,

Jaime y Portocarrero (2018). Determinaron la influencia que tiene la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y la cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural a los 28 días. Los ensayos se realizarán en probetas cilíndricas de concreto de 15 cm x 30 cm. Para el ensayo de resistencia a la compresión, se emplearán 56 probetas cilíndricas de concreto de 15 cm x 30 cm, donde se realizará la variación de 3 diferentes porcentajes de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de arroz (CCA) al 8%, 12%, 16%, aplicándose 8 réplicas para cada diseño, de acuerdo a la norma NTP 339.034. A estas

probetas se les aplicará una carga mediante una prensa hidráulica a los 7, 14 y 28 días de curado. Para el caso de las probetas con sustitución de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) con 8, 12 y 16% podemos observar que la resistencia a la compresión final a los 28 días fue de 231 kg/cm², 203 kg/cm² y 182 kg/cm² respectivamente. Si comparamos la probeta control, cuya resistencia final fue de 184 kg/cm², nos damos cuenta que la CCA al sustituir 8 y 12% del cemento ha logrado superar la resistencia de la probeta control, determinando así que su uso es favorable para el concreto. Caso contrario sucedió con las probetas con sustitución de cascarilla de arroz con 8, 12 y 16%, cuyas resistencias a la compresión final a los 28 días fueron de 119 kg/cm², 57 kg/cm² y 34 kg/cm² respectivamente. Estos resultados no pudieron superar la resistencia a la compresión final de la probeta control, descartando a la cascarilla de arroz como un agente que mejore la resistencia a la compresión de un concreto. Se concluye que la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) mejora las propiedades mecánicas del concreto con respecto a la resistencia a la compresión. Por otro lado, al sustituir el 8% del cemento por CCA alcanzó la máxima resistencia a los 28 días con 231 kg/cm².

Del estudio anterior podemos rescatar que si utilizamos partículas más pequeñas como reemplazo del cemento su influencia es más significativo en la resistencia a la compresión del concreto. Esta investigación usó ceniza de cascarilla de arroz (tamaño de partículas de 150 um) obteniendo resultados positivos en cambio cuando utilizó cascarilla de arroz sus resultados fueron negativos.

❖ Título: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA”,

Contreras y Peña (2017). Aumentaron la resistencia a la compresión y disminuir la permeabilidad en el concreto añadiendo cenizas volantes de carbón en dosificaciones del 1.5%, 3%, 4.5% y 6% en la mezcla. Para determinar la resistencia a la compresión del concreto al reemplazar porcentualmente al cemento por cenizas volantes de carbón en proporciones de 0%, 1.5%, 3%, 4.5% y 6%. Se elaboraron probetas cilíndricas de 15cm x 30cm de concreto, según los procedimientos indicados en la NTP 339.033. Para el ensayo de resistencia a la compresión se dejó curar a diferentes edades de 3, 7 y 28 días, para realizar el análisis de las resistencias. Para una edad de curado de 28 días: el Concreto Patrón obtiene una resistencia a la compresión promedio de 218 kg/cm^2 , para el Concreto + 1.5%CVC se obtiene una resistencia promedio de 220 kg/cm^2 , para el Concreto + 3%CVC se obtiene una resistencia de 227 kg/cm^2 , para el Concreto + 4.5%CVC se obtiene una resistencia de 232 kg/cm^2 y para el Concreto + 6%CVC se obtiene una resistencia a la compresión promedio de 241 kg/cm^2 . La incorporación de ceniza volante de carbón para influenciar en la resistencia a la compresión de un concreto requiere de una dosificación que se encuentra entre el 1.5% y 6%, para generar un aumento significativo, lo que quiere decir que una estructura puede resistir mucha más carga para la que fue diseñada antes del colapso.

El aporte es significativo, encontramos que el uso de ceniza volante de carbón de tamaños de partículas de 45 μm influye de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto como un porcentaje del peso total del cemento si y solo si se toma porcentajes de 1.5%, 3%, 4.5% y 6% CVC.

❖ Título: “RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL MORTERO CEMENTO – ARENA 1:4 CON EL REEMPLAZO DE VIDRIO MOLIDO”,

Alemán (2017). Determinó la resistencia a compresión axial del mortero cemento-arena 1:4 con el reemplazo de vidrio molido. De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 334.051 nos establece que debe hacerse un mínimo de 3 cubos de mortero para edades de ensayo establecidas en la misma norma, por lo que en esta investigación se ha optado a hacer 6 cubos de mortero por cada porcentaje (0%, 5%, 10% y 15% de vidrio molido en sustitución del cemento) y edad (24 horas, 3 días, 7 días y 28 días) de ensayo haciendo un total de 96 probetas cúbicas. Los resultados obtenidos para en un tiempo de curado de 28 días como se muestra en el grafico N° 5 donde se puede observar que la resistencia alcanzada fue de 151.76 kg/cm² con 0% de reemplazo de cemento; 181.01 kg/cm² al reemplazar un 5% de cemento por vidrio molido, 142.32 kg/cm² al reemplazar un 10% y 138.36 kg/cm² reemplazando un 15%. Se puede apreciar que a partir de esta edad de ensayo la resistencia a compresión aumenta con el 5% de reemplazo de cemento por vidrio molido con respecto de la probeta patrón, también se puede observar que las resistencias a compresión con 10% aumenta con respecto a la probeta con 15% de reemplazo de cemento por vidrio molido se aproximan a la resistencia de la probeta patrón, aunque siguen manteniéndose por de debajo de la probeta patrón R.V – 0%. Se comparó que la resistencia a compresión axial de las probetas del mortero cemento-arena 1:4 aumentan con el reemplazo del 5% de cemento por vidrio molido a partir de los 7 días en un porcentaje de 21.70% con respecto de la probeta patrón y a los 28 días la resistencia a compresión se incrementa en un porcentaje de 19.27% con respecto a la probeta patrón; donde se puede notar una disminución leve de la resistencia a compresión en un porcentaje de 2.43%.

El aporte es muy notorio, puesto que si utilizamos vidrio molido de tamaño de 75 μm como reemplazo del cemento en el mortero obtendremos resultados positivos. Es necesario recalcar que cuanto más fino es el material mejor será su influencia en el mortero y en concreto.

- ❖ Título: “INFLUENCIA DEL CAOLÍN COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO DE $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ”,

Acosta (2017). Determinó la influencia del caolín como reemplazo parcial del cemento en la resistencia a compresión axial del concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La recolección de datos para verificar la influencia en la resistencia del concreto al reemplazar diferentes porcentajes de cemento por caolín, consistió en determinar las propiedades de los agregados a utilizar en el concreto, determinar el índice de puzolanidad del caolín calcinado, realizar el diseño de mezcla usando el método ACI 211 para el concreto de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y luego restar diferentes porcentajes de cemento para incorporar caolín calcinado. Al tener todos los diseños definidos, se procedió a elaborar los especímenes de concreto para cada porcentaje de caolín calcinado, para luego ser ensayados a compresión axial a los 7, 14 y 28 días y verificar el comportamiento de éstos. Se elaboró la mezcla para los especímenes según la norma ASTM C31 / NTP 339.0033, para el concreto patrón (0% de caolín) y para el concreto reemplazando diferentes porcentajes de cemento (5%, 10% y 15%) por caolín. Para cada mezcla se le realizó el ensayo slump, ASTM C143 / NTP 339.035 en el concreto fresco; el cual permite verificar la calidad del concreto. Para una edad de curado de 28 días: el concreto patrón obtiene una resistencia a la compresión promedio de 209.80 kg/cm^2 , para el concreto + 05% de caolín se obtiene una resistencia promedio de 277.01 kg/cm^2 , para el concreto + 10% de caolín se obtiene

una resistencia de 368.98 kg/cm^2 , para el concreto + 15% de caolín se obtiene una resistencia de 392.45 kg/cm^2 . Al reemplazar 5%, 10% y 15% de cemento por caolín, se verifica que, al realizar el ensayo a compresión del concreto a los 28 días, la resistencia aumenta a medida que aumenta el porcentaje de caolín, con respecto a la muestra patrón; validando así la hipótesis planteada. En la muestra con reemplazo de 15% de cemento por caolín ensayado a los 28 días, se logra un f'_c máximo de 392.45 Kg/cm^2 que representa un aumento de 87.06 % con respecto a la muestra sin incorporación.

- ❖ Título: “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016”,

Jiménez (2016). Determinó la influencia de diferentes porcentajes de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. La recolección de datos para comparar la resistencia de concreto $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ patrón y concreto con adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 8%, 10% y 12%, se determinaron las características físico-mecánicas de los agregados (fino y grueso) para con los datos obtenidos para poder realizar el diseño de mezcla patrón de $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ usando el método ACI 211. Luego de definir del diseño de mezcla por el método ACI 211 se procedió a la elaboración de los testigos de concreto, para luego ser ensayos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días según lo establece la norma, para verificar si la adición de ceniza de bagazo de caña en porcentajes de 8%, 10% y 12% influye en la resistencia de este concreto. Realizando la comparación de los resultados obtenidos con la incorporación de 8%, 10% y 12% para las tres edades (7, 14 y 28 días) de concreto ensayadas, los resultados promedios se muestran en las gráficas 4, 5 y 6, donde puede observar que para una incorporación de 8% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo

150.86 Kg/cm², 207.66 Kg/cm², 245.18 Kg/cm², para una incorporación de 10% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 152.27 Kg/cm², 209.21 Kg/cm², 245.31 Kg/cm² y para una incorporación de 12% y para edades de 7, 14 y 28 días, se obtuvo 149.76 Kg/cm², 207.19 Kg/cm², 242.43 Kg/cm². Analizando los resultados obtenidos del ensayo a compresión de las probetas adicionadas al 8, 10 y 12% con la probeta patrón, se determinó un aumento de la resistencia a los 28 días de 16.94%, 17.00% y 15.63% respectivamente, cumpliendo parcialmente la hipótesis formulada. De la comparación realizada de la resistencia a compresión de un concreto $f'_c=210$ Kg/cm² adicionando diferentes porcentajes de CBCA, el máximo porcentaje de resistencia obtenido corresponde a la adición de 10% obteniendo una resistencia de 245.31 Kg/cm².

1.1.3. Bases teóricas

1.1.3.1. Materiales

1.1.3.1.1. Cemento

Antes de la utilización del cemento, se recomienda no almacenar el cemento en lugares con presencia de humedad; con esto quiero decir que, que si el cemento se humedece antes de uso perderá su calidad y su resistencia.

Se define al cemento portland como un material con propiedades únicas, un material muy peculiar al estar en contacto con el agua. Según Neville (2013) menciona que: “El cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto. Esta definición comprende una gran variedad de materiales cementantes” (p.1).

Los tipos de cemento portland son variados y cada uno cumple su función. Su utilización de estos tipos de cementos dependerá del lugar donde que se desarrollará la obra y de los agentes existentes.

Existe un tipo de cemento que es idóneo para todos los usos en la construcción; es el cemento Tipo I que generalmente se utiliza cuando no es necesario cubrir propiedades especiales (expuestas a acciones severas de sulfatos, resistencia a edades tempranas, entre otras). El cemento en conjunto con los agregados y agua forma el concreto la cual es empleado en pisos, edificios en concreto armado, puentes, tanques, embalses, pavimentos, entre otras (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

Figura 1: *Cemento Pacasmayo Tipo I*



Fuente: Sodimac, 2018

1.1.3.1.1.1. Fabricación de cemento portland

En la producción del cemento, se considera importante que el material sea molido finamente. Por consiguiente, se procede a mezclar la materia prima fina y se calcina en un horno de tamaño adecuado a una temperatura de 1,450 °C aproximadamente. Según lo mencionado anteriormente, es ahí donde el material pasa por varios procesos llegando a tomar forma de bolas a lo que se le denomina Clinker. Luego de tener el Clinker, se deja enfriar y se tritura hasta conseguir un polvo fino. Por último, se mezcla el material con un poco de yeso para obtener como resultado el cemento portland (Neville, 2013).

1.1.3.1.1.2. Composición química del cemento portland

Tabla 1: *Compuestos principales del cemento portland*

Compuestos principales del cemento portland		
Nombre del compuesto	Composición de óxido	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}.\text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Aluminoferrita tetracálcica	$4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fuente: Tomada de Neville (2013)

1.1.3.1.1.3. Hidratación del cemento

El cemento portland reacciona con el agua; transformándose en un agente de enlace. Asimismo, los silicatos y los aluminatos que posee el cemento portland mencionado anteriormente en la tabla reaccionan fácilmente con el agua, y en un determinado tiempo logra formarse una masa firme y dura, la cual se conoce como pasta de cemento hidratada (Neville, 2013).

1.1.3.1.2. Agregados

El agregado tanto como fino y grueso forma una masa en conjunto del cemento y del agua, es inevitable descartar que los agregados cubren el mayor espacio en el concreto. Además, el tamaño de los agregados dependerá del uso que se le dará (zapata, columnas, sobrecimientos, entre otras). Según (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004) mencionó que: “Los agregados fino y grueso ocupan cerca del 60% al 75% del volumen del concreto (70% a 85% de la masa) e influyen fuertemente en las propiedades tanto en estado fresco como endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía del concreto”

Para la elaboración del concreto en tiempo caluroso los agregados no deben exponerse a temperaturas altas. Por ende, los agregados serán almacenados y puesto bajo sombra. Asimismo, en el lapso de la producción del concreto se debe de prehumedecerse el agregado grueso mediante el uso de una tubería de agua que distribuye el agua en pequeñas gotas generando un efecto de niebla. Por el contrario, para el agregado fino antes de su uso no es recomendable prehumedecerse sino dejarse drenar (Mena Ferrer, 2005).

1.1.3.1.2.1. Ensayos para los agregados

Los ensayos para el agregado fino y el agregado grueso son: el contenido de humedad, granulometría, peso unitario, peso específico y absorción; de acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP). Avanzado en nuestro razonamiento, los datos de estos ensayos servirán para realizar el diseño de mezcla.

1.1.3.1.2.1.1. Contenido de humedad

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.185, 2013) “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”, menciona que se deberá escogerse una masa no menor de la cantidad indicada en la tabla 2 para ser evaluada.

Tabla 2: *Tamaño de la muestra mínima de agregado para el contenido humedad*

Tamaño máximo nominal de agregado		Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal
mm	pulg	Kg
4.75 (0.187)	.(N° 4)	0,5
9,5	(3/8)	1,5
12,5	(1/2)	2,0
19,0	(3/4)	3,0
25,0	(1)	4,0
37,5	(1 1/2)	6,0
50,0	(2)	8,0
63,0	(2 1/2)	10,0
75,0	(3)	13,0
90,0	(3 1/2)	16,0
100,0	(4)	25,0
150,0	(6)	50,0

Fuente: NTP 339.185, 2013

La fórmula para calcular el contenido de humedad evaporable de la muestra de agregado fino o de agregado grueso será:

$$P = \frac{(W - D)}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%).

W = Masa de la muestra húmeda original (kg).

D = Masa de la muestra seca (kg).

1.1.3.1.2.1.2. Granulometría

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012, 2013) “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global” menciona que la cantidad de muestra para el agregado fino será de 500 g como mínimo y para el agregado grueso será conforme a lo indicado en la tabla 3.

Tabla 3: *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico*

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	in	Kg
9,500	(3/8)	1
12,500	(1/2)	2
19,000	(3/4)	5
25,000	(1)	10
37,500	(1 1/2)	15
50,000	(2)	20
63,000	(2 1/2)	35
75,000	(3)	60
90,000	(3 1/2)	100
100,000	(4)	150
125,000	(5)	300

Fuente: NTP 400.012, 2013

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037, 2014) “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto” menciona que el agregado fino deberá cumplir con la gradación según los límites de la tabla 4 y para el agregado grueso la gradación debe de cumplir con los requisitos de la tabla 5 según los husos especificados.

Tabla 4: *Requisitos granulométrico del agregado fino*

Tamiz	Mínimo	Máximo
9,5 mm (3/8 pulg)	100,0	100,0
4.75 mm (N°4)	95,0	100,0
2.36 mm (N°8)	80,0	100,0
1.18 mm (N° 16)	50,0	85,0
600 um (N° 30)	25,0	60,0
300 um (N° 50)	5,0	30,0
150 um (N° 100)	0,0	10,0

Fuente: NTP 400.037, 2014

Tabla 5: *Requisitos granulométrico del agregado grueso - HUSO 67*

Tamiz	Mínimo	Máximo
9,5 mm (1 pulg)	100,0	100,0
19,00 mm (3/4")	90,0	100,0
12,500 mm (1/2")	47,0	75,0
9,500 mm (3/8")	20,0	55,0
4,750um (N° 4)	0,0	10,0
2,360 um (N° 8)	0,0	5,0

Fuente: NTP 400.037, 2014

Según la NTP 400.012; indica que, para calcular el módulo de fineza del agregado, se sumarán los pesos retenidos acumulados de los siguientes tamices: 150 um (N°100), 300 um (N°50), 600 um (N°30), 1.18 mm (N°16), 2.36 mm (N°8), 4.75 mm (N°4), 9.50 mm, (3/8 de pulgadas), 19 mm (3/4 de pulgada), 37.5 mm (1 1/2 de pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1, luego dividido entre 100.

1.1.3.1.2.1.3. Peso Unitario

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.017, 2011) “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados” menciona que para determinar la densidad del agua será necesario medir la temperatura de ésta con exactitud (ver tabla 6).

Tabla 6: *Densidad del agua*

Temperatura		Kg/m ³	lb/ pie ³
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
23	73,4	997,54	62,274
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

Fuente: NTP 400.017, 2011

La fórmula que se utilizará según la NTP 400.017

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, (kg/m³).

G = Masa, kg.

T = Masa del recipiente, kg.

V = Volumen del recipiente, l/m³

1.1.3.1.2.1.4. Peso específico y absorción

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.022, 2013) “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino” y NTP (NTP400.021, 2013) “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso” establece procedimientos para determinar la densidad promedio de partículas, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino y del agregado grueso.

- Para el agregado grueso se tuvo que seleccionar una masa mínima (ver tabla 7).

Tabla 7: Masa mínima de agregado grueso

Tamaño máximo nominal de agregado		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	pulg	Kg
12.5 o menor	(1/2)	2
19,0	(3/4)	3
25,0	(1)	4
37,5	(1 1/2)	5
50,0	(2)	8
63,0	(2 1/2)	12
75,0	(3)	18
90,0	(3 1/2)	25
100,0	(4)	40
125,0	(5)	75

Fuente: NTP 400.021, 2013

Las fórmulas que se emplearan según la NTP 400.021, 2013 son:

- Peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss})

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

- Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

- Peso específico aparente (P_{ea})

$$\text{Absorción \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g).

C = Peso en el agua de la muestra saturada (g).

- Para el agregado fino se calculará el peso específico y el % de absorción mediante estas fórmulas:

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{500 - W_o}{W_0} \times 100$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa (g).

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm³).

Va = Peso en gramos (g) o volumen (cm³) de agua añadida al frasco.

1.1.3.1.3. Agua para el concreto

El agua para el diseño de mezcla del concreto debe ser potable (no tener presencia de fuerte olor o sabor). Existen algunas aguas que no se consideran potables pero se puede emplear para elaborar concreto (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004). A continuación, se presenta los análisis de agua no potables en los EE. UU y Canadá pero que sirven para fabricar concreto.

Tabla 8: *Análisis típico de agua para la fabricación de concreto*

Sustancia química	Análisis No						Agua de mar
	1	2	3	4	5	6	
Sílice (SiO ₂)	2.4	0.0	6.5	9.4	22.0	3.0	-
Hierro (Fe)	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	-
Calcio (Ca)	5.8	15.3	29.5	96.0	3.0	1.3	50 a 480
Magnesio (Mg)	1.4	5.5	7.6	27.0	2.4	0.3	260 a 1,410
Sodio (Na)	1.7	16.1	2.3	183.0	215.0	1.4	2,190 a 12,200
Potasio (K)	0.7	0.0	1.6	18.0	9.8	0.2	70 a 550
Bicarbonato (HCO ₃)	14.0	35.8	122.0	334.0	549.0	4.1	-
Sulfato (SO ₄)	9.7	59.9	5.3	121.0	11.0	2.6	580 a 2810
Cloruro (Cl)	2.0	3.0	1.4	280.0	22.0	1.0	3960 a 20,000
Nitrato (NO ₃)	0.5	0.0	1.6	0.2	0.5	0.0	-
Total de sólidos disueltos	31.0	250.0	125.0	983.0	564.0	19.0	35000.0

Fuente: Tomado de (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Se tiene que cuidar que el agua no presente impurezas porque afectaría en las propiedades del concreto. Según (Mena Ferrer, 2005) indica que: “El agua para la elaboración del concreto debe captarse, almacenarse, conducirse y dosificarse debidamente protegida de la

radiación solar (....) De esta manera, el agua debe conservar una temperatura media inferior y más estable que la del medio ambiente”

1.1.3.2. Cerámica

1.1.3.2.1. Definición

Son placas utilizadas para revestimiento de paredes y suelos, es de poco espesor. Están elaboradas de arcillas y otras sustancias; pasan por el proceso de molienda o amasado, se moldean y después son secadas; finalmente son cocidas a temperaturas requeridas (Restrepo, 2011).

1.1.3.2.2. Cerámica como material decorativo

Su importancia rige mayormente en decoración de ambientes, es muy utilizado como recubrimiento de pisos y paredes.

1.1.3.2.3. La cerámica como adición en el concreto.

Es muy utilizado como material de investigación para la elaboración de concreto; para comprobar su utilidad como reemplazo de cemento, agregado grueso y agregado fino.

Se concluyó que la cerámica (molida en polvo) adicionado en el mortero como sustitución parcial del cemento influye sobre la resistencia a la compresión; resultando que su resistencia aumenta cuando se le adiciona un 10% de polvo cerámico (Viera & Chicaiza, 2018).

1.1.3.2.4. Materias primas de la cerámica

1.1.3.2.4.1. Arcilla

Este material es una roca sedimentaria, está compuesta por partículas muy finas, la cual cuando está en contacto con el agua se vuelve una masa plástica; además, se endurece con el sol (Galán & Aparicio).

1.1.3.2.4.2. Cuarzo

Se podría decir que este material, es muy importante porque llega a formar la estructura de la mezcla, dándole mayor resistencia a los cambios que se genera en las etapas de secado y cocido (Cuellar Lozano, 2000).

1.1.3.2.4.3. Feldespato o talcos

Se considera no menos importante que los materiales mencionado con anterioridad, porque su función es necesaria, puesto que éste produce abundante fase líquida durante tiempo de cocción (Cuellar Lozano, 2000).

1.1.3.2.5. Temperatura de cocción para la fabricación de la cerámica

La cerámica es sometida a temperaturas de 1100° C – 1250° C, porque es un producto de cocción blanca (Galán & Aparicio).

1.1.3.3. Diseño de mezcla por el método del ACI 211

Se refiere a la determinación de las cantidades de materiales del concreto. Un concreto con buena proporción presentará estas características: trabajabilidad, durabilidad, resistencia y apariencia uniforme; y ser económico (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

❖ Selección de la resistencia a la compresión requerida

Tabla 9: *Resistencia a la compresión requerida*

Resistencia a la compresión (f'_c)	Resistencia a la compresión requerida		
	(f'_{cr})		
Menor a 210 kgf/cm ²	f'_c	+	70
210 kgf/cm ² - 350 kgf/cm ²	f'_c	+	84
Mayor a 350 kgf/cm ²	f'_c	+	98

Fuente: ACI 211, 2016

❖ Selección del asentamiento de diseño

Tabla 10: *Asentamiento de diseño*

Consistencia	Asentamiento		Trabajabilidad
Seca	0" (0mm)	2" (50mm)	Poca
Plástica (media)	3" (75mm)	4" (100mm)	Buena
Fluida	≥ 5" (125mm)		Poco

Fuente: ACI 211, 2016

Tabla 11: *Asentamiento dependiendo del tipo de construcción*

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y Muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"
El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración		

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Elección del Tamaño máximo (TM) y del Tamaño Máximo Nominal (TMN)

El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se obtiene del análisis granulométrico del agregado grueso.

❖ **Cálculo del agua de la mezcla y contenido de aire (ver tabla 12 y 13)**

Tabla 12: *Volumen de agua en l/m³*

Agua en l/m³, para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados

Asentamiento	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	4 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: ACI 211, 2018

Tabla 13: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Selección de la relación de agua y cemento (A/MC ó A/C)

Tabla 14: *Relación de agua y cemento*

f'c (Kgf/cm ²)	Relacion agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	---
450	0,38	---

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Contenido de agua } \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación } \left(\frac{\text{a}}{\text{c}} \right)}$$

❖ Estimación de agregados

- Estimación del agregado grueso

Tabla 15: *Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto*

Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino					
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2,4	2,6	2,8	3	
3/8 "	0,50	0,48	0,46	0,44	
1/2 "	0,59	0,57	0,55	0,53	
3/4 "	0,66	0,64	0,62	0,6	
1 "	0,71	0,69	0,67	0,65	
1 1/2 "	0,76	0,74	0,72	0,70	
2 "	0,78	0,76	0,74	0,72	
3 "	0,81	0,79	0,77	0,75	
6 "	0,87	0,85	0,84	0,81	

Fuente: ACI 211, 2018

- Peso del agregado grueso

$$\text{Peso seco AG} = \text{PUSC (AG)} \times \left(\frac{b}{b_o}\right)$$

- Volumen del agregado grueso

$$\text{Volumen del AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{Pem AG}}$$

- Estimación del agregado fino

- Peso del agregado fino

$$\text{Volumen AF} = \text{Volumen faltante} - \text{Volumen AG}$$

- Volumen del agregado fino

$$\text{Peso seco AF} = \text{Pem AF} \times \text{Volumen AF}$$

❖ Corrección por humedad y % de absorción de los agregados

- Corrección por % de absorción de los agregados

$$\text{Correc. Peso AF}_{\text{sss}} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG}_{\text{sss}} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

- Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

- Aporte de agua

$$\text{Aporte de agua Af} = \text{Peso seco AF} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

1.1.3.4. Concreto

1.1.3.4.1. Definición

El concreto también conocido como hormigón, es una mezcla conformada con materiales como: agregado grueso, agregado fino, cemento y agua. Estos dos últimos materiales mencionados, son los que conforman la pasta, la cual tiene la función de unir a los agregados (fino y grueso). Asimismo, el cemento al estar en contacto con el agua reacciona químicamente y por ende se crea una masa rígida (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

1.1.3.4.2. Estado

1.1.3.4.2.1. Estado fresco

El estado fresco es una mezcla líquida que permanece así alrededor de 1 y 3 horas, durante esta etapa se puede determinar el asentamiento (Scanferla Lucas, 2009).

1.1.3.4.2.2. Estado endurecido

Según Kosmatka,, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (2004) menciona en su libro que, “Para cualquier grupo de materiales y condiciones de curado, la calidad del concreto endurecido es fuertemente influenciada por la cantidad de agua usada con relación a la cantidad de cemento”

1.1.3.5. Resistencia a la compresión para probetas de concreto

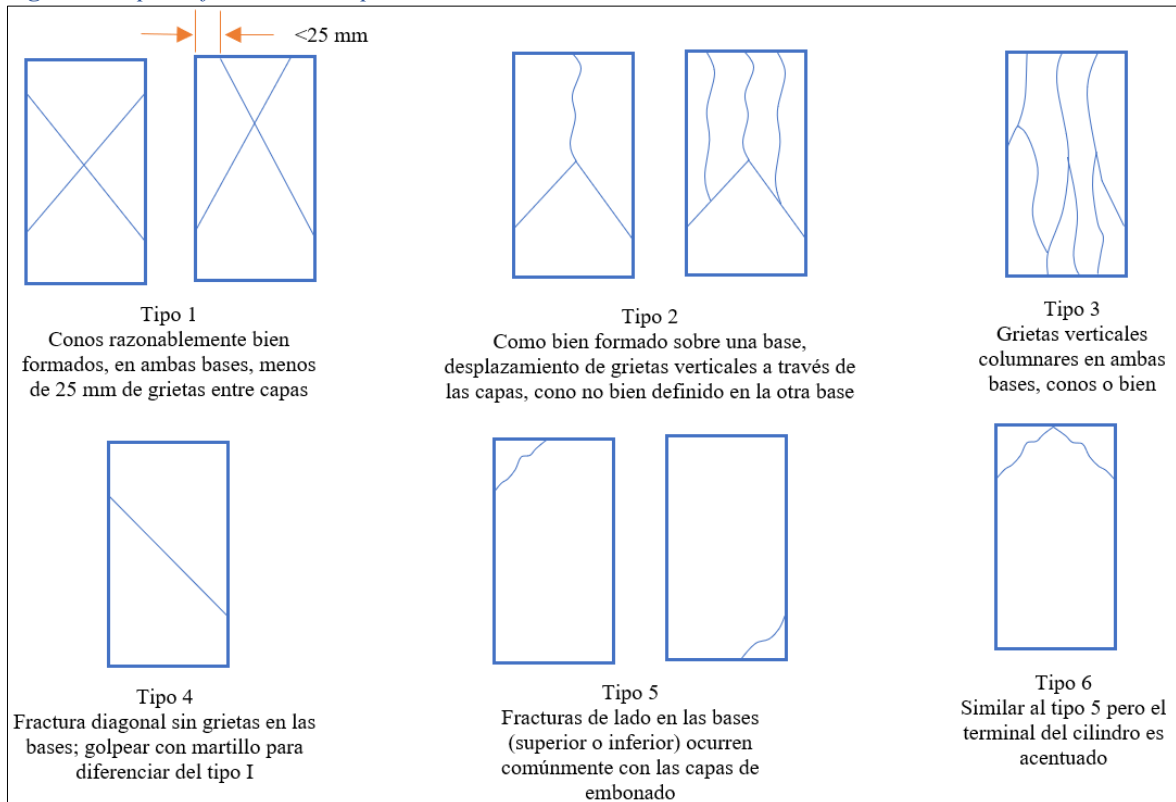
1.1.3.5.1. Definición

La resistencia a la compresión, se basa en soportar una carga axial que son sometidos a las unidades de concreto; con el fin obtener la resistencia máxima. La resistencia a la compresión se mide en kilogramos por centímetros cuadrados (...) las pruebas a compresión pueden ensayarse a diferentes días. El porcentaje que se espera obtener en resistencia a la compresión a una edad de 7 días es de 75% en relación de la resistencia obtenida a los 28 días. Asimismo, la resistencia a los 56 días y 90 días tendrán un aumentará porcentual respecto a los 28 días. Por otro lado, tenemos dos clases de resistencia a compresión; la primera se simboliza como f'_c [éste representa la resistencia que se tomará para el diseño de mezcla] y la segunda es la resistencia a compresión real, se nombra como f_c [éste representa a la resistencia obtenido en el laboratorio] y deberá ser mayor que f'_c (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

1.1.3.5.2. Tipos de fracturas

Por otro lado, la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034) menciona seis tipos de fracturas que se genera durante el ensayo a la resistencia a la compresión.

Figura 2: Tipo de fracturas de especímenes de concreto



Fuente: Tomada de NTP 339.034

1.1.3.5.3. Cálculo

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034, 2015) “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas” menciona que para calcular la resistencia a la compresión del espécimen se logrará dividiendo la carga máxima promedio entre el área promedio.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ = Resistencia a la compresión (kgf/cm²)

P = Carga máxima obtenida durante el ensayo (kgf)

A = Área transversal de la superficie donde ocurre el aplastamiento (cm²)

1.1.3.6. Estadística

1.1.3.6.1. Media Aritmética

La media aritmética es simplemente la suma de todos los datos analizados por el investigador dividido por el total de datos recogidos para el análisis (Hernández, 2012).

$$x = \frac{\sum_{i=1}^k x_i n_i}{N} = \frac{x_i n_i + x_k n_k}{N}$$

Donde:

N = representa el número total de datos.

xi = representa cada dato tomado de la muestra.

x = representa la media aritmética.

ni = representa el número de datos repetidos

1.1.3.6.2. Varianza

La varianza se define como la desviación de los valores analizados de la variable respecto a la media de la distribución todo al cuadrado y dividido entre el total de datos. El símbolo que le distingue es S². Además, el valor de S² indica que grande o menor es el grado de dispersión respecto al valor promedio (Hernández, 2012).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - x)^2 n_i}{N}$$

Donde:

N = representa el número total de datos.

x_i = representa cada dato tomado de la muestra.

\bar{x} = representa la media aritmética.

n_i = representa el número de datos repetidos

1.1.3.6.3. Desviación típica

Según Rubio (2014) define a la desviación estándar como un factor que mide las variaciones de un total de datos respecto a su valor promedio.

La desviación típica, también es conocido como la desviación estándar. Asimismo, resulta de la raíz cuadrada de la varianza y su valor siempre es positivo. Se denota con una letra S (Hernández, 2012)

$$S = \sqrt{S^2} = + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 n_i}{N}}$$

Donde:

S^2 = representa la varianza.

N = representa el número total de datos.

x_i = representa cada dato tomado de la muestra.

\bar{x} = representa la media aritmética.

n_i = representa el número de datos repetidos

1.1.3.6.4. Tamaño de la muestra

Según Rubio (2014) explica que existe cuatro componentes que son indispensable para determinar el tamaño de la muestra para una variable cuantitativa. El primer componente es el nivel de confianza que varía entre 90% a 99% dependiendo del criterio del investigador; brindando el valor de Z. Otro componente es el error de estimación (E), también es propuesto

por el investigador. El tercer componente es la desviación estándar (S) o varianza (S^2), estos valores son obtenidos por la muestra piloto, por los antecedentes, ect. Por último, el tamaño de la muestra (N) que mayormente no es conocido.

$$n_0 = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Donde:

Z = es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza.

S = desviación estándar.

E = % del estimador o valor absoluto.

N = Tamaño de la población.

1.1.3.6.5. Prueba de normalidad

1.1.3.6.5.1. Test de Shapiro-Wilk

Este tipo de test rechaza la normalidad cuando los valores de los datos tienen un ajuste inapropiado. Todavía cabe señalar que este test es utilizado cuando la muestra es demasiado pequeño, en otras palabras cuando el número de datos sea menor que 50 (Salgado, 2018).

$$W = \frac{1}{ns^2} \left[\sum_{i=1}^{i=h} a_{j,n} (x_{n-j+1} - x_j) \right]^2$$

$$ns^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - X)^2$$

Donde:

x = representa cada dato tomado de la muestra.

a = valores obtenidos de la tabla estadística de distribución Shapiro – Wilk.

X = representa la media aritmética.

1.1.3.6.6. Homogeneidad de varianza

1.1.3.6.6.1. Test de Levene

Esta clase de test rechaza la homogeneidad de varianza cuando la hipótesis planteada no cumple con el nivel de significancia elegida. Dicha prueba se considera mejor que la prueba de Bartlett, puesto que es poco sensible a la desviación de la normalidad. En otras palabras, quiere decir que será menos probable que rechace una verdadera hipótesis de igualdad de varianzas cuando las distribuciones de la población no son normales (Correa, Iral, & Rojas, 2006).

$$W = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (Z_i - Z_{...})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - Z_{i...})^2}$$

Donde:

k = representa al número de muestra.

n_i = represente el tamaño de la enésima muestra.

N = representa la sumatoria de la muestra.

Z = representa la media global de Z_{ij} .

Z_i = representa la media del i-ésimo subgrupos de los Z_{ij} .

1.1.3.6.7. Pruebas de hipótesis

1.1.3.6.7.1. ANOVA

El análisis de Varianza puede probar la hipótesis de que las medias de dos o más grupos son iguales o diferentes. Asimismo, la ANOVA puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde las variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es continuo (Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005).

$$Y_{ij} = \mu + t + \epsilon$$

Donde:

Y = es la variable objeto de estudio.

μ = es una constante indica la respuesta media de todos los niveles.

t = Recoge la importancia de cada tratamiento y es el objetivo del análisis.

ϵ = es un término de error, considerado como variable aleatoria.

1.1.3.6.8. Statistical Package for the Social Sciencies (SPSS)

El significado de sus siglas es “Paquete estadístico para las ciencias sociales”. Fue lanzada por primera vez en 1968. Actualmente se le conoce como IBM SPSS Statistics, porque fue adquirido en el 2009 por IBM (SPSS TUTORIALS, s.f.).

El SPSS es un software que permite al investigador crear, editar y analizar todo tipo de datos procedentes de diferentes formatos. Sirve para realiza informes tubulares, gráfico, desde análisis estadístico sencillos hasta análisis estadísticos complejos.

1.1.3.7. Definición de términos básicos

1.1.3.7.1. Cemento

Es un material de construcción compuesto de una sustancia en polvo que se endurece en contacto con el agua. El cemento que se utilizó en esta investigación para elaborar probetas de concreto fue el cemento Pacasmayo Tipo I.

1.1.3.7.2. Cerámica

La cerámica es un material decorativo y resistente a la abrasión, que es sometido a altas temperaturas para su fabricación. En el mercado lo encontramos de forma cuadradas y rectangulares. Además, este material lo encontramos en cantidades en botaderos, es por ello, que será utilizado con fines constructivos para la elaboración del concreto.

1.1.3.7.3. Concreto

Es un material de construcción que está compuesta por agregado fino, agregado grueso, y una pasta líquida (cemento y agua) u otras adiciones.

1.1.3.7.4. Residuos

Es el material sobrante que será molido para ser utilizado como reemplazo del cemento Pacasmayo Tipo I.

1.1.3.7.5. Residuos de cerámica

Son sobrantes de la cerámica que no fue utilizada como revestimiento de las paredes o pisos; por tal razón, se reciclará y se molerá hasta que tenga una textura fina (malla N° 100). El objetivo es utilizarla como reemplazo del cemento.

1.1.3.7.6. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo donde el área (cm²) de la probeta cilíndrica soportará una carga axial (kg) a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la probeta falle.

1.1.3.7.7. Sustitución porcentual

Es la acción de sustituir en porcentajes (%) cualquier material para fines establecidos por el investigador. En esta investigación el cemento se sustituirá porcentualmente por residuos de cerámica.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye los residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo 2019?

1.3. Justificación

El presente proyecto está orientado a proporcionar nuevas alternativas para mejorar la resistencia a la compresión del concreto, y esto se logrará sustituyendo porcentualmente el cemento por residuos de cerámica (RC). Además, el uso que se le dará a los residuos de cerámica contribuirá significativamente al ambiente, ya que reducirá las emisiones de CO₂ por la producción del cemento.

Se tendrá que seguir rigurosamente los métodos y procedimientos establecido en la Norma Técnica Peruana (NTP) para la caracterización de los agregados y para el diseño de mezcla el ACI 211; mediante esta investigación se busca obtener un concreto que resiste más de lo esperado y de bajo costo.

La presente investigación será de gran valor en el campo de la construcción, porque daremos un nuevo uso a los residuos de cerámica, mediante este estudio se comprobará si los residuos de cerámica aportan en el aumento de la resistencia a compresión del concreto y si lo mencionado anteriormente se cumple, esto traerá consigo un valor significativo para la población.

Por último, la presente investigación contribuirá como base para futuras investigaciones, que tendrán objetivos parecidos o iguales, la cual les servirá para fortalecer sus investigaciones. Por tanto, la investigación puede ser reajustada o mejorada según crea conveniente para el investigador.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento sobre la resistencia a la compresión del concreto.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los agregados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana.
- Obtener el diseño de mezcla apropiada para un concreto de 210 kg/cm² mediante el método del comité 211 del ACI.
- Obtener la cantidad de materiales para los porcentajes de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de residuos de cerámica para la elaboración de las probetas de concreto.
- Elaborar probetas de concreto adicionándole 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de residuos de cerámica empleando los requerimientos mínimos de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.033.
- Determinar la resistencia a la compresión de las probetas de concreto a los 14 días, 21 días y 28 días de edad con 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de residuos de cerámica mediante la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034).
- Comparar la resistencia a la compresión a los 14 días, 21 días y 28 días de las probetas de concreto con diferentes porcentajes de residuos de cerámica.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La adición de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm². (ver tabla 16)

Tabla 16: *Hipótesis general*

Hipótesis general	Componentes metodológicos		Componentes referenciales		
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	- Resistencia a la compresión	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo	2019

Fuente: Elaboración propia, 2019

1.5.2. Hipótesis específicas

La adición de residuos de cerámica en un 5%, 10%, 15%, 20% y 25% como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. (ver tablas: 17, 18, 19, 20 y 21)

Tabla 17: *Hipótesis específica 01*

Hipótesis específica 01	Componentes metodológicos		Componentes referenciales		
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de residuos de cerámica en un 5% como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	- Resistencia a la compresión	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo	2019
	- Residuos de cerámica				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 18: *Hipótesis específica 02*

Hipótesis específica 02	Componentes metodológicos		Componentes referenciales	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio El tiempo
La adición de residuos de cerámica en un 10% como sustitución porcentual del cimento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	- Resistencia a la compresión - Residuos de cerámica	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo 2019

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 19: *Hipótesis específica 03*

Hipótesis específica 03		Componentes metodológicos		Componentes referenciales	
La adición de residuos de cerámica en un 15% como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	- Resistencia a la compresión	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo	2019
	- Residuos de cerámica				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 20: *Hipótesis específica 04*

Hipótesis específica 04		Componentes metodológicos		Componentes referenciales	
La adición de residuos de cerámica en un 20% como sustitución porcentual del cimento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	- Resistencia a la compresión	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo	2019
	- Residuos de cerámica				

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 21: *Hipótesis específica 05*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
05					
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La adición de residuos de cerámica en un 25% como sustitución porcentual del cemento, mejorará la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c=210$ kg/cm ²	- Resistencia a la compresión	Probeta de concreto	Mejorará	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte de Trujillo	2019
	- Residuos de cerámica				

Fuente: Elaboración propia, 2019

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Operacionalización de variables

2.1.1. Variable dependiente

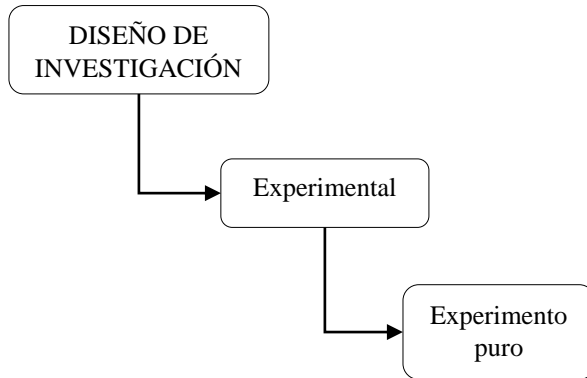
Tabla 22: Operacionalización de variables

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Items
Resistencia a la compresión	La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por una unidad de concreto.	Se elaboró probetas de concreto con adición de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento	Resistencia a la compresión	Carga máxima de rotura Diámetro de la probeta	Kgf cm

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.2. Diseño de investigación

Figura 3: *Diseño de Investigación*




Fuente: Elaboración propia, 2019

El diseño de investigación de este proyecto es de **tipo experimental** porque controla y manipula de manera intencional una o más variables independientes (causa) para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes (efectos). Con respecto a lo dicho anteriormente, la adición de residuos de cerámica será manipulada de manera intencional con el fin de observar los efectos (resistencia a la compresión) que producen en el concreto. Así mismo, se considera como **experimento puro** porque posee grupos de comparación: un grupo control y varios grupos que reciben el tratamiento experimental. En nuestra investigación, estos grupos están conformados por cinco niveles de presencia y un nivel de ausencia (probeta patrón) de residuos de cerámica; la cual, después de obtener la resistencia a la compresión de cada grupo se comparará los resultados y se concluirá qué grupo posee el porcentaje más óptimo respecto a la probeta patrón.

2.3. Unidad de estudio

Probeta de concreto de forma cilíndrica (ver tabla 23) elaborada con agregado grueso, agregado fino, agua, cemento Pacasmayo Tipo I y porcentaje de residuos de cerámica molido (malla # 100).

Tabla 23: *Características del molde cilíndrico*

Probeta cilíndrica	
	Dimensiones:
	<ul style="list-style-type: none">• Diámetro: 4"• Altura: 8"
	Composición:
	<ul style="list-style-type: none">• Agregado grueso y fino• Cemento Pacasmayo Tipo I• Agua• Porcentaje de residuos de cerámica (malla # 100)

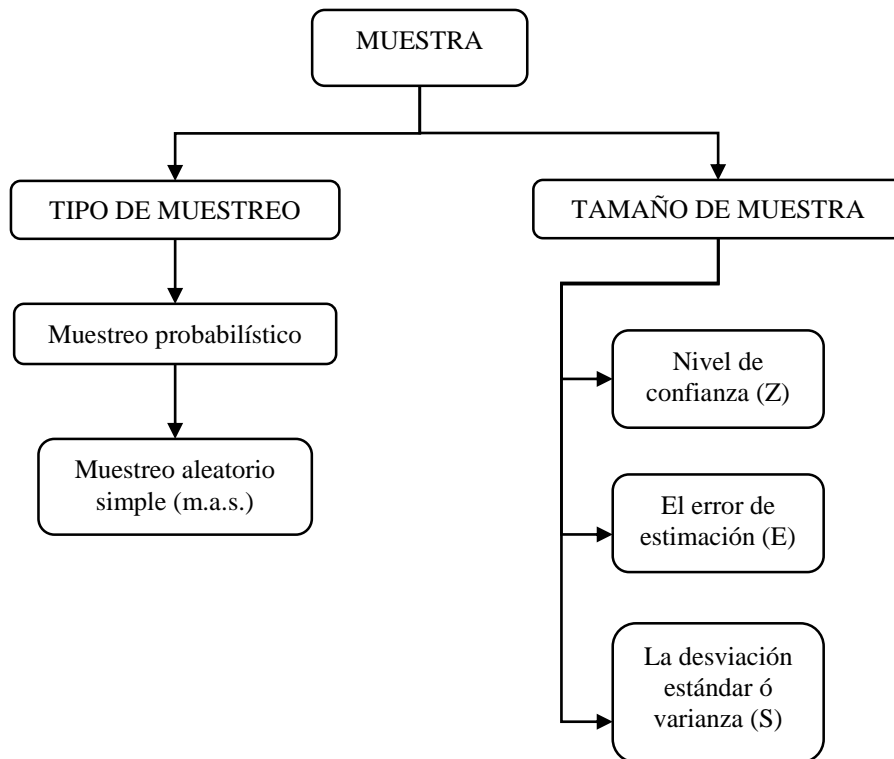
Fuente: Elaboración propia, 2019

2.4. Población

Todos los especímenes que serán ensayados a la resistencia a la compresión en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, la cual se le adicionará 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento para un concreto de 210 kg/cm².

2.5. Muestra

Figura 4: *Tipo de Muestreo y Tamaño de Muestra.*



Fuente: Elaboración propia, 2019

Es de tipo probabilístico aleatorio simple, ya que las unidades de estudio tienen la misma probabilidad de pertenecer a una muestra, donde la técnica a utilizarse es la misma para todos. La variable dependiente es cuantitativa, por ello, se utilizará la estadística para una población infinita tomando como referencia un muestreo probabilístico y empleando lo estipulado en el Manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2014).

$$no = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$

Donde:

n = tamaño de muestra.

Z = es el valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador. (ver tabla 24)

S = es la desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

E = % del estimador o en valor absoluto (unidades). Fijada por el investigador.

Tabla 24: *Valores de la distribución normal estandarizada*

Valores de la distribución normal estandarizada			
Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza ($1-\alpha$)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0,10	1,64	1,28
95%	0,05	1,96	1,64
99%	0,01	2,57	2,32
Error (Tipo II): Siempre es Unilateral			
Poder ($1-\beta$)	Error (β)	Valor Z	
0,80	0,20	0,842	
0,90	0,10	1,282	
0,95	0,05	1,645	
0,99	0,01	2,326	

Fuente: Manual de estadística UPN, 2014

Se tendrá que considerar los siguientes valores para obtener el tamaño de muestra para el ensayo de resistencia a la compresión.

Z= el nivel de confianza para este proyecto de investigación será de 95% (Z=1.96).

S= El valor de la desviación estándar fue tomado de una investigación con propósito parecido, dicha tesis es titulada: “INFLUENCIA DEL CAOLÍN COMO REEMPLAZO DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO DE F’C= 210 kg/cm²” (Acosta, 2017) (ver tabla 25).

Tabla 25: *Obtención de la desviación estándar de otra tesis*

PROBETAS PATRÓN			
N° PROBETAS	ESFUERZO (Kg/cm ²)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S)	PROMEDIO (kg/cm ²)
1	209.96		
2	212.1		
3	210.28		
4	214.94	1.81	211.60
5	211.42		
6	210.92		

Fuente: Tomada de Acosta, 2017

E= el error del muestreo se estimó en 5% ($E=0.05$) dando un valor de 10.58, la cual resultó de la multiplicación del 5% de la resistencia promedio de la investigación anterior.

$$no = \frac{1.96^2 * 1.81^2}{10.58^2}$$

$$no = 0.11; \quad no = 4 \text{ probetas}$$

Se consideró 4 probetas de concreto por cada porcentaje (0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%) para obtener resultados más efectivos. (ver tabla 26)

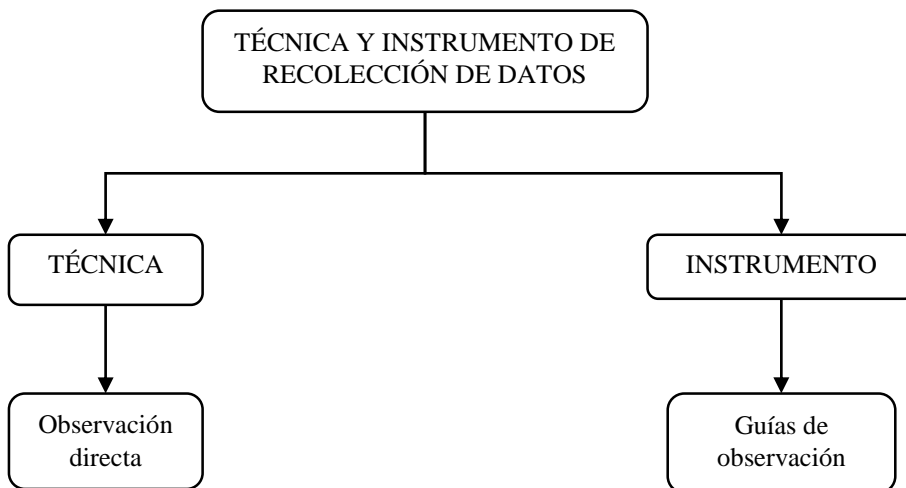
Tabla 26: *Muestra de especímenes de concreto para 14 días, 21 días y 28 días de curado*

Descripción		Tiempo de curado (días)			Subtotal (und)	Total (und)
		14	21	28		
		días	días	días		
Adición porcentual de residuos de cerámica (RC) como sustitución del cemento	0% de adición de RC	4	4	4	12	72
	5% de adición de RC	4	4	4	12	
	10% de adición de RC	4	4	4	12	
	15% de adición de RC	4	4	4	12	
	20% de adición de RC	4	4	4	12	
	25% de adición de RC	4	4	4	12	

Fuente: Base de datos, 2019

2.6. Técnicas e instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Figura 5: *Técnica e Instrumento de recolección de datos*



Fuente: Elaboración propia, 2019

2.6.1. Técnica de recolección de datos

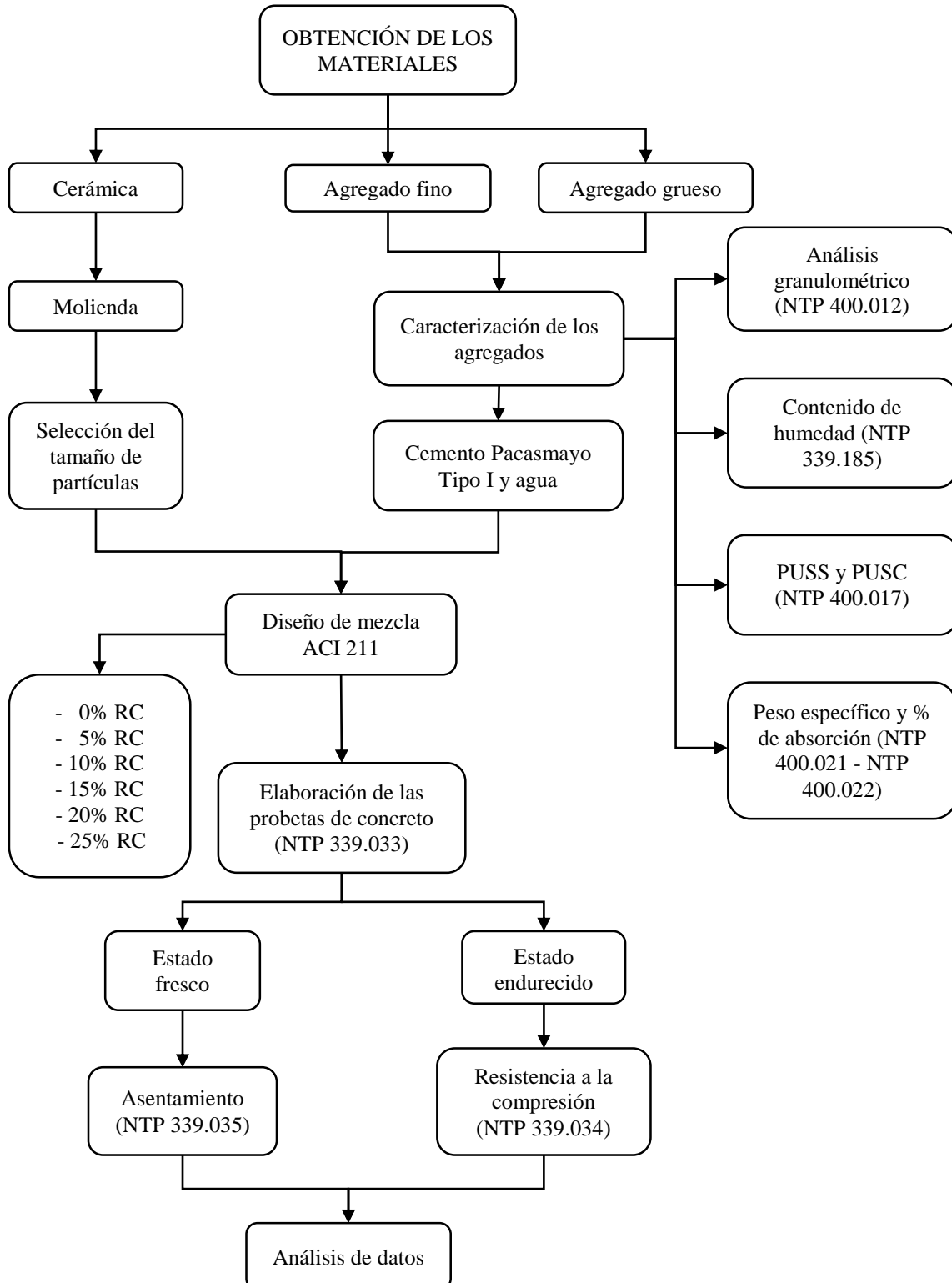
Se empleará la observación directa como técnica de recolección de datos. Esta técnica consiste en apreciar las cargas máxima que son sometidas a las 72 probetas con diferentes adiciones de residuos de cerámica.

2.6.2. Instrumento de recolección de datos

Se utilizará la guía de observación como instrumento de recolección de datos. En esta guía se colocará las cargas máximas de cada espécimen de concreto con diferentes porcentajes de residuos de cerámica. Esta guía fue validada por el ingeniero ALBERTO RUBEN VÁSQUEZ DÍAZ.

2.6.3.Procedimiento de recolección de datos

Figura 6: *Procedimiento de Recolección de Datos*



Fuente: Elaboración propia, 2019

2.6.3.1. Obtención y caracterización de los agregados

2.6.3.1.1. Obtención de los materiales

2.6.3.1.1.1. Agregados fino y agregado grueso

Los agregados se obtuvieron de la cantera “EL MILAGRO”; se recogió agregado grueso de 1/2” y agregado fino (arena gruesa). (Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto [ICCYC], 2006) señala que “el tamaño máximo del agregado nunca debe exceder $\frac{3}{4}$ del ancho del espacio más angosto a través del cual debe pasar el concreto”

Luego los agregados fueron guardados en cilindros, las cuales fueron usados como contenedor hasta el día de la caracterización de los agregados y elaboración de las probetas. Los agregados estuvieron libres de impurezas (tierra o materia orgánica).

2.6.3.1.1.2. Agua

Se utilizó agua potable de acuerdo a los requerimientos de la NTP 339.088.

2.6.3.1.1.3. Cemento

El cemento que se utilizó para la elaboración de las probetas de concreto es CEMENTO PACASMAYO TIPO I, porque éste no posee ninguna propiedad especial para ensayos. Además, posee un peso específico es de 3100 kg/cm^3

2.6.3.1.1.4. Residuos de cerámica

Los residuos de cerámica (baldosas de cerámica) se recogieron de una obra de edificación; estos se encontraban dentro de la construcción y estaban destinados a parar en el botadero. Por otro lado, para fines académicos se tuvo que solicitar la prestación de la máquina moledora (capacidad 20 kg) que se encontraba en el laboratorio de metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo. El tamaño de partículas de la cerámica que se obtuvo en la molienda fue de 150 μm (malla N° 100) para ser utilizado en esta investigación. La

cantidad de residuos de cerámica que se extrajo de la máquina fue de 7 kg, pero solo se utilizó 5.991 kg de residuos de cerámica para realizar el trabajo de tesis.

2.6.3.1.2. Caracterización de los agregados

Los ensayos que se realizaron para la caracterización de agregados son: granulometría, peso unitario, peso específico, absorción y contenido de humedad. Todos estos ensayos poseen un valor de importancia para el diseño de mezcla del concreto. Es necesario recalcar que, los ensayos fueron efectuados en el Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, Trujillo.

2.6.3.1.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012, 2013)

Es considerado como uno de los ensayos más importantes en la caracterización de los agregados. Mediante este ensayo se determina el módulo de finura (Mf) del agregado fino, el tamaño máximo (TM) y el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso. El ensayo se rigió a los procesos establecidos en la norma NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con aproximación de 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra.
- Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- Tamices Forney de bronce: cumplirán con la NTP 350.001.

- **Materiales**

- Agregado fino: según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012) la cantidad mínima a utilizarse para este ensayo es de 500 g.

- Agregado grueso: según la norma técnica peruana (NTP 400.012) la cantidad mínima de agregado grueso se mostrará en la tabla 27.

Tabla 27: *Muestra mínima de la muestra de agregado grueso en el análisis granulométrico*

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	in	Kg
9,500	(3/8)	1
12,500	(1/2)	2
19,000	(3/4)	5
25,000	(1)	10
37,500	(1 1/2)	15
50,000	(2)	20
63,000	(2 1/2)	35
75,000	(3)	60
90,000	(3 1/2)	100
100,000	(4)	150
125,000	(5)	300

Fuente: NTP 400.012, 2013

- ✓ Los tamices empleados en el ensayo de granulometría del agregado fino son tomados de acuerdo a la NTP 400.012, la cual menciona los tamices que se deben utilizar para calcular el módulo de fineza. (ver tabla 28)

Tabla 28: *Tamices empleados en la granulometría del agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)
3/4"	19.000
3/8"	9.500
Nº 4	4.750
Nº 8	2.360
Nº 16	1.180
Nº 30	0.600
Nº 50	0.300
Nº 100	0.150

Fuente: NTP 400.012, 2013

- ✓ Los tamices empleados en el ensayo de granulometría del agregado grueso son tomados de a criterio, o sea, dependiendo del tamaño de agregado grueso que se compró (1/2 pulgadas). (ver tabla 29)

Tabla 29: *Tamices empleados en la granulometría del agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)
1	25.000
3/4"	19.000
1/2"	12.500
3/8"	9.500
Nº 4	4.750
Nº 8	2.360
Nº 16	1.180
Nº 30	0.600
Nº 50	0.300
Nº 100	0.150

Fuente: NTP 400.012, 2013

- **Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra por el método de cuarteo como indica la NTP 400.043, el cual consiste en colocar la muestra sobre una superficie dura, limpia y nivelada; y con la ayuda de una cuchara metálica formar un cono con este material y luego dividir en cuatro partes iguales. Finalmente, se retira de forma diagonal dos cuartos de la masa; se repite el proceso hasta que la muestra sea reducida al tamaño deseado.
- Una vez conseguida la muestra deseada se colocó ésta al horno a una temperatura de 110 ± 5 °C para eliminar la humedad.
- Luego se pesó 2000 g de agregado fino, se tomó una muestra más grande de lo que estipula la NTP 400.012. Posteriormente, se pesó 3100 g de agregado grueso.
- Se seleccionó los tamices y se ordenó de forma decreciente; los tamices.
- Se agitó los tamices para que el material pasen por las aberturas de éstos.
- Por último, se pesó el material retenido en cada tamiz para fines de cálculos posteriores.

- **Cálculo**

- Se calculó el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido con una aproximación será de 0.1% con base en el peso total de la muestra inicial seca.
- Para hallar el módulo de fineza se obtuvo la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices: N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 3/4" luego se dividió entre 100; la fórmula que la describe es:

$$M_f = \frac{\% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

- Se determinó el TN y TMN del agregado grueso.

2.6.3.1.2.2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185)

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con aproximación de 0,1 g ó 0,1 % de la masa de la muestra.
- Horno: de tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- Recipiente de metal u otro material que no sea afectado por el calor y con suficiente capacidad para contener la muestra sin peligro de derramarse

- **Materiales**

- Según lo que indica la tabla 1 de la NTP 339.185 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad evaporable de agregados por secado” la masa mínima que se utilizará depende del tamaño máximo nominal del agregado (ver tabla 30).
- Se utilizó 3000 g de agregado grueso
- Se utilizó 500 g de agregado fino.

Tabla 30: *Cantidad mínima de agregado para el contenido humedad*

Tamaño máximo nominal de agregado		Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal
mm	pulg	Kg
4.75 (0.187)	.(Nº 4)	0,5
9,5	(3/8)	1,5
12,5	(1/2)	2,0
19,0	(3/4)	3,0
25,0	(1)	4,0
37,5	(1 1/2)	6,0
50,0	(2)	8,0
63,0	(2 1/2)	10,0
75,0	(3)	13,0
90,0	(3 1/2)	16,0
100,0	(4)	25,0
150,0	(6)	50,0

Fuente: NTP 339.185, 2013

• **Procedimiento**

- Se utilizó tres muestras para el agregado fino y también para el agregado grueso. La masa mínima que se determinó para el ensayo fue de 500 g para el agregado fino y de 3000 g para el agregado grueso; estas muestras fueron puestas en recipientes metálicos codificados.
- Se pesó los recipientes conjuntamente con el agregado en la balanza con una aproximación de 0.1 g (W)
- Se colocó en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas para poder eliminar la humedad.

- Una vez seca la muestra se pesó y se tomó apunte de los pesos finales para cada recipiente.

- **Cálculo**

Para determinar el contenido de humedad se precederá a utilizar la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje (%).

W = Masa de la muestra húmeda original (g).

D = Masa de la muestra seca (g).

2.6.3.1.2.3. Peso unitario suelto y compacto del agregado fino y grueso (NTP 400.017)

La norma empleada para la obtención del peso unitario del agregado fino y del agregado grueso fue la NTP 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados”

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con exactitud dentro el 0,1% y capacidad de 80 kg.
- Varilla compactadora: de acero, liso, cilíndrica, de 16 mm (5/8”) de diámetro y de longitud aproximada de 600 mm (24”); el extremo compactador debe ser semiesférico con radio de 8 mm (5/16”).
- Pala de mano: una pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.
- Recipiente metálico y cilíndrico en el fondo y borde superior pulido, plano y suficientemente rígido, con la capacidad de no deformarse bajo las condiciones de trabajo.

Según lo indicado en la norma los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual

al diámetro, y en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro.

- Termómetro: con un rango de 10 °C a 32 °C y con lecturas de 0,5 °C.

- **Materiales**

- El tamaño de muestra será aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente.

- **Procedimiento**

- ✓ **Calibración del recipiente**

- Se llenó el recipiente con agua a temperatura ambiente.
- Luego se pesó el recipiente con el agua.
- Se midió la temperatura del agua y se determinó la densidad (ver tabla 31).
- Luego se obtuvo el volumen del recipiente.

Tabla 31: *Densidad del agua respecto a su temperatura*

Temperatura		Kg/m ³	lb/ pie ³
°C	°F		
15,6	60	999,01	62,366
18,3	65	998,54	62,336
21,1	70	997,97	62,301
23	73,4	997,54	62,274
23,9	75	997,32	62,261
26,7	80	996,59	62,216
29,4	85	995,83	62,166

Fuente: NTP 400.017, 2011

✓ **Peso unitario suelto del agregado fino y grueso**

- Se pesó el recipiente cilíndrico vacío.
- Se llenó con una pala el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2”) hasta que rebose el recipiente.
- Se eliminó el material sobrante.
- Se determinó el peso del recipiente más el agregado
- Se realizó dos veces más el mismo ensayo para fines de precisión.

✓ **Peso unitario compacto del agregado fino y grueso**

- Se llenó 1/3 del recipiente con el agregado, y se emparejó la superficie.
- Se apisonó la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.
- El mismo proceso se hizo las dos últimas capas.
- Se determinó el peso del recipiente más el agregado
- Se realizó dos veces más el mismo ensayo para fines de precisión.

• **Cálculo**

Para el cálculo del peso unitario suelto o compactado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en kg/m³

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg

T = Peso del recipiente de medida en kg

V = Volumen del recipiente de medida en m³

2.6.3.1.2.4. Peso específico y absorción de los agregados

2.6.3.1.2.4.1. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

Mediante este ensayo se determinó el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción después de 24 horas de sumergido en agua el agregado. La norma empleada para la obtención del peso específico y absorción del agregado fino es la NTP 400.022 “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica: con capacidad mínima de 1000 g y sensibilidad de 0.1 g
- Horno y estufa: De tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- Fiola: de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm³ a 20 °C.
- Varilla para apisonado (metálica y recta): con un peso de 340 ± 15 g y terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Molde cónico: metálico de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.
- Bandeja: para vaciar el material fino.

- **Materiales**

La cantidad de agregado fino fue de 1700 g para tres muestras; este criterio se tomó porque existe perdidas de material al momento del ensayar.

- **Procedimiento**

- El agregado fino obtenido por cuarteo y secado a peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C se colocó en un recipiente y se cubrió con agua durante 24 horas.
- Se decantó el agua evitando pérdida de finos.

- Se extendió el material sobre una superficie plana para luego ser secada en una estufa hasta alcanzar la superficie seca.
- Se colocó el material en el molde cónico, así que se procedió a golpear la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonar y luego se levantó el molde verticalmente.
- Si el agregado se derrumba $\frac{3}{4}$ partes del molde al quitar el molde esto indica que ha alcanzado una condición de superficie seca según lo que indica la norma.
- Se introdujo en el frasco una muestra de 500 g de material preparado, llenar parcialmente con agua a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar la marca de 500 cm^3 .
- Se eliminó las burbujas de aire rodando (invertir, agitar el frasco durante 15 a 20 minutos y luego dejar reposar); posteriormente pesar el frasco con la muestra.
- Se removi6 el agregado fino del frasco y se colocó en el horno de secado por 24 horas.
- Se dejó enfriar a temperatura ambiente y después se pesó el material seco.

• Cálculo

Para conseguir los datos necesarios se tuvo que aplicar las siguientes fórmulas:

- Peso específico de masa (Pem):

$$Pem = \frac{Wo}{(V - Va)} \times 100$$

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pess)

$$PemSSS = \frac{500}{(V - Va)} \times 100$$

- Peso específico aparente (Pea)

$$Pea = \frac{Wo}{((V - Va) - (500 - Wo))} \times 100$$

- Absorción (Abs)

$$\%Absorción = \frac{500 - W_o}{W_0} \times 100$$

Donde:

- Pem = Peso específico de masa (g).
- Wo = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).
- V = Volumen del frasco (cm³).
- Va = Peso en gramos (g) o volumen (cm³) de agua añadida al frasco.

2.6.3.1.2.4.2. Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

Mediante este ensayo se determinó el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso (después de 24 horas). La norma empleada para la obtención del peso específico y absorción del agregado grueso es la NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso”

• Equipos

- Balanza electrónica: Sensible a 0,1 g. La balanza está equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.
- Horno: De tamaño adecuado y capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.
- Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.

- Tamices Forney de bronce: Un tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4) de acuerdo a la N.T.P. 350.001.

- **Muestra**

El tamaño de muestra que utilicé para dicho ensayo lo veremos a continuación (ver Tabla 32)

Tabla 32: *Masa mínima para peso específico del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal de agregado		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	pulg	Kg
12,5 o menor	(1/2)	2
19,0	(3/4)	3
25,0	(1)	4
37,5	(1 1/2)	5
50,0	(2)	8
63,0	(2 1/2)	12
75,0	(3)	18
90,0	(3 1/2)	25
100,0	(4)	40
125,0	(5)	75

Fuente: NTP 400.021, 2013

- **Procedimiento**

- Se seleccionó una cantidad representativa de agregado grueso por el método de cuarteo.
- Se lavó el material en el tamiz N°4 (4.75) para eliminar las impurezas.
- Se colocó el material seleccionado al horno durante 24 horas a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Se dejó enfriar y se sumergió el material totalmente en agua durante 24 horas.

- Se sacó la muestra del agua, se colocó en una bandeja y se secó con una franela absorbente hasta eliminar toda el agua visible en la superficie. De este modo se obtuvo el peso saturado superficialmente seco de la muestra.
- Después se colocó la muestra en la cesta de alambre para de esta manera determinar su peso sumergido.
- Finalmente se secó la muestra hasta peso constante dentro del horno a una temperatura entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (peso seco).

- **Cálculo**

Para la obtención de datos se emplea las siguientes fórmulas:

- Peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g).

C = Peso en el agua de la muestra saturada (g).

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)

$$P_{esss} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

- Peso específico aparente (Pea)

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

- Absorción (Abs)

$$Abs = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

2.6.3.2. Diseño de mezcla ACI 211

2.1.1.1. Diseño de mezclas por el método del ACI 211

Primeramente, para el diseño de mezclas se realizó la caracterización de los agregados. Se diseñó para un concreto de $f'c$ 210 kg/cm².

❖ Selección de la resistencia a la compresión requerida

Tabla 33: *Resistencia a la compresión requerida*

Resistencia a la compresión ($f'c$)	Resistencia a la compresión requerida		
	($f'cr$)		
Menor a 210 kgf/cm ²	$f'c$	+	70
210 kgf/cm ² - 350 kgf/cm ²	$f'c$	+	84
Mayor a 350 kgf/cm ²	$f'c$	+	98

Fuente: ACI 211, 2016

❖ Selección del asentamiento de diseño

Tabla 34: *Asentamiento de diseño*

Consistencia	Asentamiento		Trabajabilidad
Seca	0" (0mm)	2" (50mm)	Poca
Plástica (media)	3" (75mm)	4" (100mm)	Buena
Fluida	\geq 5" (125mm)		Poco

Fuente: ACI 211, 2016

❖ Elección del Tamaño máximo (TM) y del Tamaño Máximo Nominal (TMN)

Se tamizará el agregado grueso de 1/2" y se obtendrá el Tamaño máximo nominal.

❖ Cálculo del agua de la mezcla y contenido de aire

Tabla 35: *Volumen de agua en l/m³*

Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados								
Asentamiento	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	4 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: ACI 211, 2018

Tabla 36: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Selección de la relación de agua y cemento (A/MC ó A/C)

Tabla 37: *Relación de agua y cemento*

f'c (Kgf/cm ²)	Relacion agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	---
450	0,38	---

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{\text{Contenido de agua } \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^3} \right)}{\text{Relación } \left(\frac{\text{a}}{\text{c}} \right)}$$

❖ Estimación del agregado fino y grueso

- ✓ Estimación del agregado grueso

Tabla 38: *Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto*

Volúmen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volúmen de concreto, para diferentes
módulos de fineza de agregado fino

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.84	0.81

Fuente: ACI 211, 2018

- Peso del agregado grueso

$$\text{Peso seco AG} = PUSC (AG) \times \text{Factor AG}$$

- Volumen del agregado grueso

$$\text{Volumen del AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{P_{em} \text{ AG}}$$

- ✓ Estimación del agregado fino

- Peso del agregado fino

$$\text{Volumen AF} = \text{Volumen faltante} - \text{Volumen AG}$$

- Volumen del agregado fino

$$\text{Peso seco AF} = P_{em} \text{ AF} \times \text{Volumen AF}$$

❖ Corrección por humedad y % de absorción de los agregados

- ✓ Corrección por % de absorción de los agregados

$$\text{Correc. Peso AFsss} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AGsss} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ abs}}{100}\right)$$

- ✓ Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

- ✓ Aporte de agua

$$\text{Aporte de agua Af} = \text{Peso seco AF} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} \times \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

2.6.3.3. Elaboración de las probetas de concreto

Para la elaboración y curado de muestras de concreto en el laboratorio se hará bajo estricto control usando concreto compactado por apisonamiento.

• Materiales

- Moldes cilíndricos: estos moldes son de material no absorbente y no reacciona con el concreto en los ensayos. Sus dimensiones son de 4” de diámetro y 8” de diámetro.
- Varilla compactadora: la varilla es de acero, cilíndrica y su extremo compactador fue hemisférico con diámetro igual a 10 mm (3/8”) y aproximadamente 300 mm longitud.
- Martillo: Se debe usar un martillo con cabeza de goma (caucho) o cuero, con una masa de $0,6 \pm 0,2$ kg.
- Aparato de asentamiento: El aparato para medir el asentamiento del concreto debe cumplir los requisitos de la NTP 339.035.
- Recipiente destinado a recibir la mezcla: material no absorbente, y de capacidad suficiente para contener la bachada.
- Mezcladora de concreto: se utilizó una mezcladora de tambor inclinable.

- **Procedimiento**

Elaboración de probetas

- Se pesó el agua, el cemento y los agregados.
- Se introdujo el agregado grueso con un poco de agua. Luego se puso en funcionamiento la mezcladora, al cabo de un tiempo se apagó el mezclador para adicionar el agregado fino, el cemento y el agua.
- Se mezcló el concreto durante 3 minutos.
- Luego se vació el concreto en un recipiente plano, rígido y limpio.
- Se determinó el asentamiento del concreto usando el cono de Abraham y una varilla lisa.
- Se llenó los moldes con concreto en 2 capas y se dio 25 golpes por capa debido a que el molde tiene un diámetro de 4” (100 mm) y para cada capa se dio golpes uniformes (NTP 339.0.33, 2015).

Curado de las probetas de concreto

- Se dejó los moldes en una superficie dura, plana y limpia durante 24 horas.
- Luego se sumergió en agua durante 7 días, 14 días y 28 días de curado.

2.6.3.4. Resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas de concreto

Para conseguir la resistencia a la compresión del concreto se te seguirá los procesos de la norma técnica peruana NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”

- **Equipo**

Máquina de ensayo: Según la NTP 339.034 menciona que “las máquinas de ensayo del tipo tornillo, la cabeza móvil debe desplazarse a una velocidad de 1.3 mm/min (0.05 pulg/min).

- **Procedimiento**

- Se retiró las probetas de la poza.

- Se colocó las probetas sobre la plataforma de la máquina de ensayo.
- El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se hizo inmediatamente después de que éstas han sido removidas del lugar de curado. Los especímenes se ensayaron en condición húmeda.
- Se aplicó la carga hasta que la probeta fallo.
- Se registró la carga máxima soportada por la probeta durante el ensayo.

- **Cálculo**

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ = Resistencia a la compresión (kgf/cm²).

P = Carga máxima obtenida durante el ensayo (kgf).

A = Área transversal de la superficie donde ocurre el aplastamiento (cm²).

2.7. Métodos, instrumentos y procedimiento de análisis de datos

2.7.1. Método de análisis de datos

Para efectuar el análisis de datos se empleará el método de Inferencia Estadística, la cual nos permitirá tomar nuestra decisión de una forma sencilla del comportamiento de una muestra tomada de una población específica y con un nivel de confianza determinado.

2.7.2. Instrumento de análisis de datos

La prueba de Análisis de Varianza de un factor es el instrumento que se empleará para el análisis de datos. Esta prueba, evalúa la importancia de las medias de dos o más poblaciones, la cual nos ayudará en determinar las medidas de nuestros seis grupos considerados, en otras palabras, busca comprobar si la hipótesis nula a diferencia de la hipótesis alterna se rechaza al resultar un valor menor al valor de significancia elegida. Antes de eso, se determinará la

normalidad de los datos por medio del test de shapiro Wilk (menores a 50 datos). Después se obtendrá la homogeneidad de varianzas con el test de levene. Finalmente, mediante el ANOVA se buscará cuál de las hipótesis es rechazada, dependiendo del valor de significancia. Existe 2 tipo de hipótesis: la hipótesis nula (h_0) y la hipótesis alterna (h_1). La primera hipótesis indica que existe igual entre los datos analizados y la segunda hipótesis indica que existe diferencia entre los datos analizados.

2.7.3.Procedimiento de análisis de datos

En primer lugar, se planteó la hipótesis nula y la hipótesis alterna. Luego se eligió un nivel de significancia de 5%, conjuntamente se determinaron los parámetros estadísticos que son: Para comprobar la normalidad de los 72 datos con distinto porcentaje de adición de residuos de cerámica se empleó el test de Shaprio Wilk. Esta prueba consiste que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la h_0 , o sea, presenta normalidad en sus datos; si resulta lo contrario, entonces se rechaza la h_0 indicando que no presenta normalidad en sus datos. A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_0 , los datos provienen de una distribución normal.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H_1 , los datos no provienen de una distribución normal.

Por otro lado, para verificar la igualdad de varianza se utilizó la prueba de Levene. Esta prueba, de igual modo que la anterior consiste que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la h_0 , o sea, presenta igual de varianza en sus datos; si resulta lo contrario, entonces se rechaza la h_0 indicando que no presenta igualdad de varianza en sus datos. A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- P-Valor ≥ 0.05 , se acepta H_0 , las varianzas presentan igualdad.
- P-Valor < 0.05 , se acepta H_1 , presenta diferencias significativas entre varianzas.

Por último, para comprobar qué hipótesis se rechaza se utilizó la prueba de ANOVA de un factor, puesto que es usado para comparar más de dos grupos. Esta prueba indica que si el valor de significancia es mayor al 5% entonces se acepta la hipótesis nula (H_0); si resulta lo contrario, entonces se rechaza la hipótesis alterna (H_1). A continuación, se presenta detalladamente lo expresado:

- Si la probabilidad obtenida P-Valor ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula (H_0).
- Si la probabilidad obtenida P-Valor < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna (H_1).

Además, es necesario recalcar que se utilizó el software IBM SPSS para realizar todas estas pruebas mencionada anteriormente.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

3.1. Caracterización de los agregados

A continuación, se presenta los valores para cada ensayo realizado. La solución de cada ensayo se encuentra en el **ANEXO 1**.

Tabla 39: *Caracterización de los agregado*

Caracterización	Agregado fino	Agregado grueso	NORMA
PUSS(Kg/m ³)	1520	1500	NTP 400.017, 2011
PUSC (Kg/m ³)	1630	1580	NTP 400.017, 2011
Pem(Kg/m ³)	2706.52	2616.18	NTP 400.022, 2013 NTP 400.021, 2013
PeSSS (Kg/m ³)	2717.43	2665.10	NTP 400.022, 2013 NTP 400.021, 2013
Pea (Kg/m ³)	2736.39	2750.76	NTP 400.022, 2013 NTP 400.021, 2013
% Absorción	0.40	1.87	NTP 400.022, 2013 NTP 400.021, 2013
% Humedad	1.24	0.64	NTP 339.185, 2013
MF	2.87	6.74	NTP 400.012, 2013
TM	-	1"	NTP 400.012, 2013
TMN	-	3/4"	NTP 400.012, 2013
HUSO	-	67	NTP 400.037, 2014

Fuente: Base de datos, 2019

3.2. Diseño de mezcla

Con los datos obtenidos anteriormente se realizó el diseño de mezcla para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El procedimiento se encuentra en el **ANEXO 5**.

Tabla 40: *Resumen de Peso Seco, Peso Saturado Superficialmente Seco y Peso Húmedo*

MATERIALES	PESO SECO (Kg/m ³)	Peso SSS (Kg/m ³)	Peso Húmedo (Kg/m ³)
Cemento Tipo 1	367.38	367.38	367.38
Agua	205.00	205.00	210.30
Agregado fino	779.75	782.87	789.42
Agregado Grueso	963.80	981.82	969.97
Aire (2%)	0.02	0.02	0.02
PUC (kg/m³)	2315.95	2337.09	2337.09

Fuente: Base de datos, 2019

La probeta cilíndrica tiene una dimensión de 4" (10.16 cm) de diámetro y 8" (20.32 cm) de altura, por la cual, una probeta tiene un volumen de 0.00165 m^3 . Asimismo, se elaborará 12 probetas de concreto, la cual poseen un volumen total de 0.01977 m^3 . Según lo mencionado anteriormente, el peso húmedo de los materiales (cemento, agregado fino, agregado grueso y la cantidad de agua) serán multiplicados por el volumen total de las 12 probetas, así obteniendo la cantidad de material a utilizarse en el concreto.

Por último, se tuvo que dosificar los materiales cuando al concreto se le adiciona residuos de cerámica que sustituirá al cemento en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%. (ver Tabla 41)

Tabla 41: *Dosificación de los materiales para los diferentes porcentajes de adición*

MATERIALES	Sustitución porcentual de residuos de cerámica					
	0%	5%	10%	15%	20%	25%
Residuos de cerámica (kg)	-	0.399	0.799	1.198	1.598	1.997
Cemento Tipo 1 (kg)	7.989	7.590	7.190	6.791	6.391	5.992
Agua (Lt)	4.665	4.665	4.665	4.665	4.665	4.665
Agregado fino (kg)	17.167	17.167	17.167	17.167	17.167	17.167
Agregado grueso (kg)	21.093	21.093	21.093	21.093	21.093	21.093

Fuente: Base de datos, 2019

3.3. Asentamiento del concreto

Tabla 42: *Asentamiento del concreto*

Porcentaje de adición de residuos de cerámica (%)	Asentamiento (cm)
0%	9.53
5%	9.65
10%	9.73
15%	9.83
20%	11.25
25%	6.78

Fuente: Base de datos, 2019

3.4. Resistencia a la compresión

3.4.1. Resistencia a la compresión a los 14 días de curado

Tabla 43: Resistencia a la compresión a los 14 días de curado

Codificación	Porcentaje de residuos de cerámica (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	% de f'c con respecto a 210 kg/cm ²
0RC-1	0	180.93	181.20	86.28%
0RC-2		183.15		
0RC-3		179.17		
0RC-4		181.55		
5RC-1	5	181.66	180.47	85.94%
5RC-2		177.86		
5RC-3		181.67		
5RC-4		180.70		
10RC-1	10	199.53	199.56	95.03%
10RC-2		202.95		
10RC-3		197.20		
10RC-4		198.54		
15RC-1	15	201.84	200.58	95.51%
15RC-2		204.21		
15RC-3		195.52		
15RC-4		200.75		
20RC-1	20	184.85	184.67	87.94%
20RC-2		186.23		
20RC-3		184.32		
20RC-4		183.29		
25RC-1	25	155.27	152.13	72.44%
25RC-2		153.60		
25RC-3		148.45		
25RC-4		151.20		

Fuente: Base de datos, 2019

3.4.2. Resistencia a la compresión a los 21 días

Tabla 44: Resistencia a la compresión a los 21 días de curado

Codificación	Porcentaje de residuos de cerámica (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	% de f'c con respecto a 210 (kg/cm ²)
0 RC -5	0	208.20	209.98	99.99%
0 RC -6		212.37		
0 RC -7		210.55		
0 RC -8		208.81		
5 RC -5	5	207.97	207.47	98.79%
5 RC -6		200.42		
5 RC -7		213.04		
5 RC -8		208.44		
10 RC -5	10	234.22	227.26	108.22%
10 RC -6		229.79		
10 RC -7		229.96		
10 RC -8		215.09		
15 RC -5	15	229.16	224.69	106.99%
15 RC -6		221.52		
15 RC -7		222.62		
15 RC -8		225.45		
20 RC -5	20	212.05	206.86	98.50%
20 RC -6		201.85		
20 RC -7		207.56		
20 RC -8		205.96		
25 RC -5	25	174.55	177.48	84.52%
25 RC -6		180.76		
25 RC -7		178.76		
25 RC -8		175.86		

Fuente: Base de datos, 2019

3.4.3. Resistencia a la compresión a los 28 días

Tabla 45: Resistencia a la compresión a los 28 días de curado

Codificación	Porcentaje de residuos de cerámica (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio f'c (kg/cm ²)	% de f'c con respecto a 210 (kg/cm ²)
0 RC -9	0	240.96	242.13	115.30%
0 RC -10		256.75		
0 RC -11		233.80		
0 RC -12		237.01		
5 RC -9	5	228.25	227.04	108.11%
5 RC -10		227.21		
5 RC -11		221.65		
5 RC -12		231.05		
10 RC -9	10	246.49	246.78	117.51%
10 RC -10		243.09		
10 RC -11		243.69		
10 RC -12		253.85		
15 RC -9	15	242.70	241.17	114.84%
15 RC -10		246.52		
15 RC -11		241.82		
15 RC -12		233.64		
20 RC -9	20	228.54	224.61	106.96%
20 RC -10		221.02		
20 RC -11		225.16		
20 RC -12		223.72		
25 RC -9	25	193.50	195.32	93.01%
25 RC -10		197.31		
25 RC -11		194.56		
25 RC -12		195.90		

Fuente: Base de datos, 2019

3.5. Prueba de hipótesis

3.5.1. Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 14 días de curado

- **Hipótesis nula (H_0):** Las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son iguales ($\alpha \geq 0.05$).
- **Hipótesis alterna (H_1):** las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son diferentes ($\alpha < 0.05$).

Tabla 46: *Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 14 días*

Descripción	Media	Desviación Estandar	Varianza	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
0% RC	181.20	1.65	2.71	178.58	183.82	179.17	183.15
5% RC	180.47	1.80	3.24	177.61	183.34	177.86	181.67
10% RC	199.56	2.46	6.03	195.65	203.46	197.20	202.95
15% RC	200.58	3.67	13.47	194.74	206.42	195.52	204.21
20% RC	184.67	1.22	1.50	182.73	186.62	183.29	186.23
25% RC	152.13	2.97	8.81	147.41	156.85	148.45	155.27

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 47: *Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 14 días*

Shapiro-Wilk				
Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de especímenes de concreto	Significancia	Análisis
0% RC	0.992	4	0.969	Si presenta normalidad
5% RC	0.794	4	0.092	Si presenta normalidad
10% RC	0.936	4	0.630	Si presenta normalidad
15% RC	0.937	4	0.638	Si presenta normalidad
20% RC	0.990	4	0.956	Si presenta normalidad
25% RC	0.979	4	0.896	Si presenta normalidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 48: *Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 14 días*

Levene			
Descripción	Estadístico	Significancia	Análisis
Se basa en la media	0.933	0.483	Presenta homogeneidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 49: *Prueba de hipótesis a los 14 días con ANOVA de un factor*

ANOVA					
Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.	Análisis
Entre grupos	6193.779	1238.756	207.883	0.000	Se rechaza la Ho

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Conclusión:

Resulta que como el valor de significancia es menor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis alterna (H1), o sea, que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

3.5.2. Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 21 días de curado

- **Hipótesis nula (Ho):** Las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son iguales ($\alpha \geq 0.05$).
- **Hipótesis alterna (H1):** las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son diferentes ($\alpha < 0.05$).

Tabla 50: *Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 21 días*

Descripción	Media	Desviación Estandar	Varianza	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
0% RC	209.98	1.88	3.53	207.00	212.97	208.20	212.37
5% RC	207.47	5.23	27.31	199.15	215.78	200.42	213.04
10% RC	227.27	8.37	70.08	213.94	240.59	215.09	234.22
15% RC	224.69	3.41	11.63	219.26	230.11	221.52	229.16
20% RC	206.86	4.22	17.78	200.15	213.56	201.85	212.05
25% RC	177.48	2.81	7.87	173.02	181.95	174.55	180.76

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 51: *Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 21 días*

Shapiro-Wilk				
Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de especímenes de concreto	Significancia	Análisis
0% RC	0.942	4	0.664	Si presenta normalidad
5% RC	0.935	4	0.624	Si presenta normalidad
10% RC	0.826	4	0.157	Si presenta normalidad
15% RC	0.938	4	0.643	Si presenta normalidad
20% RC	0.993	4	0.971	Si presenta normalidad
25% RC	0.956	4	0.753	Si presenta normalidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 52: *Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 21 días*

Levene			
Descripción	Estadístico	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.458	0.252	Presenta homogeneidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 53: Prueba de hipótesis a los 21 días con ANOVA de un factor

ANOVA					
Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.	Análisis
Entre grupos	6323.857	1264.771	54.915	0.000	Se rechaza la H_0

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Conclusión:

Resulta que como el valor de significancia es menor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis alterna (H_1), o sea, que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

3.5.3. Prueba de hipótesis para probetas ensayadas a los 28 días de curado

- **Hipótesis nula (H_0):** Las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son iguales ($\alpha \geq 0.05$).
- **Hipótesis alterna (H_1):** las medias de la resistencia a la compresión obtenidos por la adición de 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% de residuos de cerámica son diferentes ($\alpha < 0.05$).

Tabla 54: *Análisis descriptivo de los grupos con la resistencia a la compresión a los 28 días*

Descripción	Media	Desviación Estandar	Varianza	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
				Límite inferior	Límite superior		
0% RC	242.13	10.18	103.57	225.94	258.32	233.80	256.75
5% RC	227.04	3.94	15.54	220.77	233.31	221.65	231.05
10% RC	246.78	4.94	24.41	238.92	254.64	243.09	253.85
15% RC	241.17	5.42	29.36	232.55	249.79	233.64	246.52
20% RC	224.61	3.13	9.81	219.63	229.59	221.02	228.54
25% RC	195.32	1.65	2.73	192.69	197.95	193.50	197.31

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 55: *Prueba de normalidad de los grupos con resistencia a la compresión a los 28 días*

Shapiro-Wilk				
Porcentaje de adición de residuos de cerámica	Estadístico	N° de especímenes de concreto	Significancia	Análisis
0% RC	0.869	4	0.293	Presenta normalidad
5% RC	0.944	4	0.677	Presenta normalidad
10% RC	0.844	4	0.207	Presenta normalidad
15% RC	0.919	4	0.533	Presenta normalidad
20% RC	0.994	4	0.976	Presenta normalidad
25% RC	0.986	4	0.937	Presenta normalidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 56: *Prueba de homogeneidad de varianza con resistencia a la compresión a los 28 días*

Levene			
Descripción	Estadístico	Significancia	Análisis
Se basa en la media	1.736	0.177	Presenta homogeneidad

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Tabla 57: *Prueba de hipótesis a los 28 días con ANOVA de un factor*

ANOVA					
Descripción	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.	Análisis
Entre grupos	7170.843	1434.169	46.407	0.000	Se rechaza la Ho

Fuente: IBM SPSS software, 2019

Conclusión:

Resulta que como el valor de significancia es menor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis alterna (H1), o sea, que la resistencia a la compresión media de los grupos son diferentes.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. DISCUSIÓN

4.1.1. Caracterización de agregados

Es importante mencionar que, realizar una buena caracterización de agregados traerá consigo un buen diseño de mezcla. Es por ello, que los ensayos fueron realizados minuciosamente en el laboratorio de concreto. A continuación, se mencionará los resultados de los ensayos que se llevó a cabo.

- Una vez efectuado el análisis granulométrico del agregado fino, se prosiguió a obtener el módulo de finura (Mf) que resultó de dividir los % retenido acumulados entre 100. El módulo de finura es de 2.87; éste valor está dentro del rango establecido en la norma técnica peruana NTP 400.037, según ésta norma menciona que el módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1. Por otro lado, el porcentaje que pasa de agregado fino cumple según la TABLA 1 de la norma técnica peruana NTP 400.037.
- Después de llevar a cabo el análisis granulométrico del agregado grueso, se determinó el Tamaño Máximo (TM) y el Tamaño Máximo Nominal (TMN). El Tamaño Máximo Nominal es de 3/4”, se obtuvo percatándose del primer retenido que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada y el Tamaño máximo de 1”, que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra. Por otro lado, el porcentaje que pasa de agregado grueso cumple según el HUSO 67 de la TABLA 4 de la norma técnica peruana NTP 400.037.
- Mediante el análisis de peso unitario del agregado fino, se consiguió un peso unitario seco suelto (PUSS) de 1520 kg/m^3 y un peso unitario seco compactado (PUCS) igual a 1630 kg/m^3 . Además, el agregado grueso posee un peso unitario suelto seco (PUSS) igual a 1500 kg/m^3 y un peso unitario seco compactado (PUCS) de 1580 kg/m^3 .

- Con el análisis de peso específico, se obtuvo que el peso específico del agregado fino es de 2706.52 kg/m^3 y el peso específico del agregado grueso igual a 2616.18 kg/m^3 .
- El contenido de humedad del agregado fino es de 1.24% y su absorción es igual a 0.40%; además, el contenido de humedad del agregado grueso es de 0.64% y su absorción es igual a 1.87%.

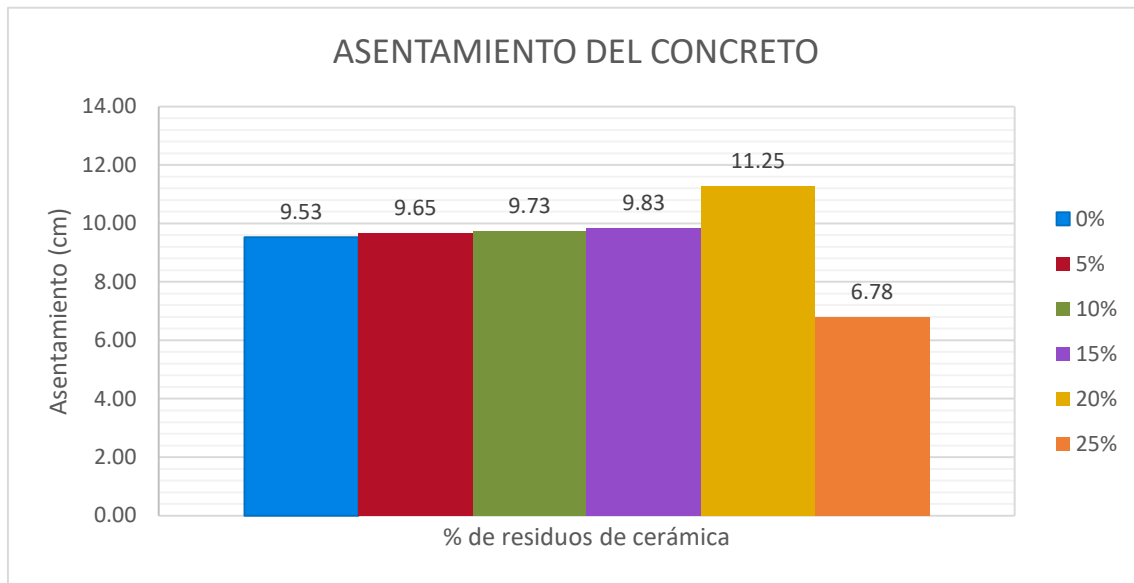
4.1.2. Diseño de mezcla del concreto

Este diseño de mezcla cumple con la expectativa de calidad para un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ya que se logró una resistencia a compresión apropiada a la edad de 28 días y a su vez tuvo una buena manejabilidad durante el llenado de las probetas. Las características de los agregados y la calidad del cemento fueron un factor importante para la manejabilidad del concreto. La cantidad de materiales por m^3 son: 367.38 kg de cemento, 210.30 kg de agua, 789.42 kg de agregado fino, 969.97 kg de agregado grueso y con un contenido de aire de 2%. Los datos mencionados con anterioridad son peso corregidos por humedad. (ver tabla 79)

4.1.3. Asentamiento del concreto

El asentamiento de la probeta patrón es igual a 9.53 cm ($3 \frac{3}{4}$ "), en otras palabras, cumple el diseño de mezcla, puesto que se diseñó con un asentamiento de 3" a 4". Asimismo, el asentamiento de las mezclas que se adicionó un 5%, 10%, 15% y 20% aumentaron a comparación de la mezcla patrón. El asentamiento se redujo cuando se le adicionó 25% de residuos de cerámica. (ver figura 7)

Figura 7: Asentamiento de las mezclas con diferente % de adición de RC



Fuente: Base de datos, 2019

4.1.4. Resistencia a la compresión

Para la elaboración de un total de 72 probetas de concreto, se utilizó moldes cilíndricos con dimensiones de 10.16 cm de diámetro y 20.32 cm de altura. Se realizó la prueba de resistencia a la compresión a las edades de 14 días, 21 días y 28 días de curado. Por tanto, se ensayó 24 probetas por cada edad mencionado con anterioridad. Asimismo, como tenemos 6 tipos de porcentajes (0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25%); se tomó 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 0% del peso total del cemento (probetas patrón), 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 5% del peso total del cemento, 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 10% del peso total del cemento, 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 15% del peso total del cemento, 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 20% del peso total del cemento y 12 testigos que se le adicionaron residuos de cerámica un 25% del peso total del cemento.

A los 28 días, la resistencia promedio de las probetas con 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25 % de residuos de cerámica fueron de 242.13 kg/cm², 227.04 kg/cm², 246.78 kg/cm², 241.17 kg/cm², 224.61 kg/cm² y 195.32 kg/cm².

Tabla 58: Resistencia a la compresión promedio a los 14 días, 21 días y 28.

% de adición	Tiempo de curado (días)		
	14	21	28
0	181.20	209.98	242.13
5	180.47	207.47	227.04
10	199.56	227.26	246.78
15	200.58	224.69	241.17
20	184.67	206.86	224.61
25	152.13	177.48	195.32

Fuente: Base de datos, 2019

La resistencia a la compresión aumentó cuando se le agregó un 10% de residuos de cerámica porque la cantidad que se adicionó trabaja como material puzolánico. Según El-Dieb, Taha y Abu-Eishah (2018) mencionan que el polvo de desecho de cerámica puede ser utilizado como sustitución porcentual o total del cemento Portland, puesto que el 80% de su composición química son de sílice (SiO₂) y alúmina (Al₂ O₃).

Por otro lado, la resistencia a la compresión disminuyó cuando el porcentaje de sustitución del cemento fue de 15% y 20%, esto resultó porque el concreto se volvió más fluido y por ende perdió resistencia. También la resistencia a la compresión del concreto disminuyó cuando se le adicionó 25% de RC porque el concreto se comportó como un material de relleno. Según El-Dieb, Taha y Abu-Eishah (2018) menciona que tuvo en sus resultados que

el 10% de polvo de residuos de cerámica añadido al concreto como reemplazo del cemento aumentó su resistencia a la compresión con respecto a la probeta patrón a los 28 días para un concreto de $f'c = 25\text{Mpa}$, además, analizó a los 56 días y resultó que el porcentaje de 10% aumentó drásticamente superando a la probeta patrón. Cabe mencionar que lo demás porcentajes (20% y 30%) también superaron a la probeta patrón.

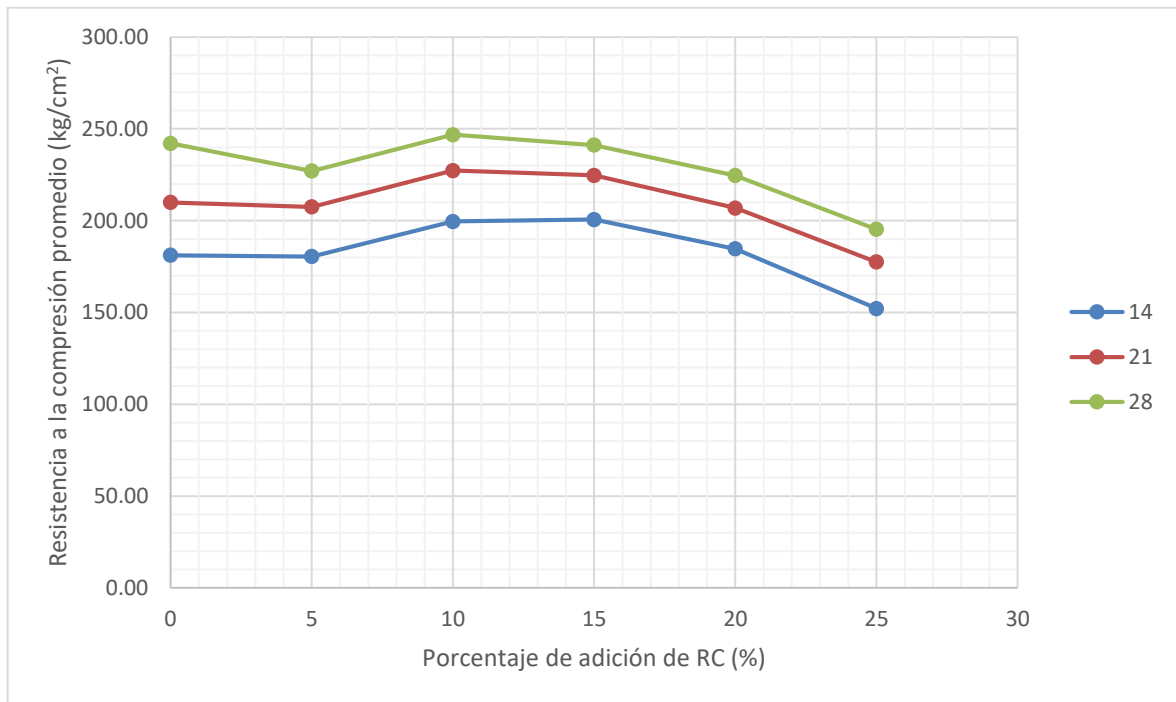
A partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que existe mejora en la resistencia a la compresión del concreto respecto al diseño de mezcla patrón de $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$, cuando se le adiciona cerámica reciclada hasta un 20 % de reemplazo de cemento Portland.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Kannan, Aboubakr, EL- Dieb y Reda (2017), quienes señalan que el polvo de desechos cerámico actúa principalmente como un relleno en lugar de material puzolánico cuando se le adiciona 30 y 40% de polvo de residuos de cerámica a los 28 días. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Pero, en lo que no concuerda el estudio de los autores referidas con el presente, es que ellos mencionan que cuando se incorpora una cantidad de 10% de polvo de desechos cerámicos para un concreto de alto rendimiento (50 MPa), la resistencia disminuye con respecto a la probeta patrón a los 28 días. En este estudio no se encuentran esos resultados, porque la mezcla se diseñó para un concreto de $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$.

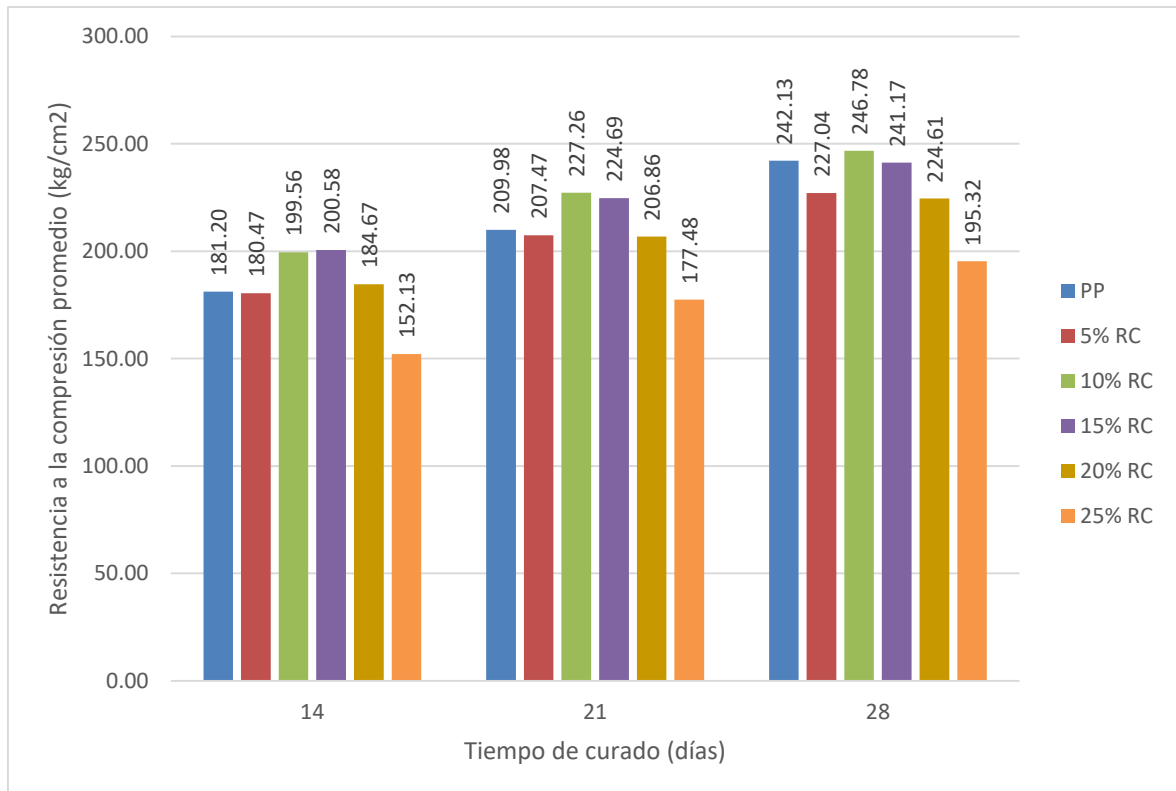
Según Praveen & Chandrasekhar (2017) menciona que el porcentaje de adición de 0% obtuvo una resistencia a la compresión mayor en comparación con los otros porcentajes de adición (10%, 20% y 30%) para un concreto de grado M25 (25 Mpa). Estos resultados fueron: 31.71 Mpa para la probeta patrón, 31.12 Mpa para probetas con 10%, 29.83 Mpa para probetas con 20% y 27.55 Mpa para probetas con 30% de residuos de cerámica como reemplazo del cemento.

Figura 8: Comparación de la resistencia a la compresión para las tres edades de curado



Fuente: Base de datos, 2019

Figura 9: Diagrama de barras para todos los % de adición de RC a los 14, 21 y 28 días de curado



Fuente: Base de datos, 2019

4.2. CONCLUSIONES

- La investigación realizada determina que, si bien algunas adiciones de residuos de cerámica como sustitución porcentual del cemento contribuyen a mejorar la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días tales como el 10%; mientras que otras adiciones lo disminuyen como el 0%, 5%, 15%, 20% y 25%. Lo anterior permite aclarar que no todas las adiciones porcentuales aportaran a la resistencia a la compresión del concreto.
- En la caracterización de agregados, el agregado fino cumple con la gradación según lo establecido en la TABLA 1 de la norma técnica peruana NTP 400.037 “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”, también el agregado grueso cumple con la gradación según lo establecido en la TABLA 4 de la norma técnica peruana NTP 400.037. Por tanto, los agregados fino y grueso pueden utilizarse para la elaboración de concreto.
- Se realizó el diseño de mezcla para un concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ mediante el método ACI 211, la cual resultó una mezcla con buena trabajabilidad y con una consistencia plástica.
- Se logró obtener la cantidad de materiales para cada porcentaje adicionado al concreto; además, para cada mezcla la consistencia y trabajabilidad fueron distintas.
- Se elaboraron probetas de concreto adicionándoles residuos de cerámica en porcentaje del peso total del cemento guiándome de los requerimientos mínimos de la norma técnica peruana NTP 339.033 “Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo” para posteriormente ser ensayados a compresión.
- La resistencia a la compresión del concreto a los 14 días resultó que las probetas con un 15 % de adición de residuos de cerámica logró una resistencia a la compresión promedio de 200.58 kg/cm^2 que fue mayor respecto a las demás probetas, las probetas con un 25%

de adición de residuos de cerámica tuvo una resistencia a la compresión promedio de 152.13 kg/cm^2 que fue menor respecto a las demás probetas.

- La resistencia a la compresión del concreto a los 21 días resultó que las probetas con un 10 % de adición de residuos de cerámica logró una resistencia a la compresión promedio de 227.26 kg/cm^2 que fue mayor respecto a las demás probetas, las probetas con un 25% de adición de residuos de cerámica tuvo una resistencia a la compresión de 177.48 kg/cm^2 que fue menor respecto a las demás probetas.
- La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días resultó que las probetas con un 10 % de adición de residuos de cerámica logró una resistencia a la compresión promedio de 246.78 kg/cm^2 que fue mayor respecto a las demás probetas, las probetas con un 25% de adición de residuos de cerámica tuvo una resistencia a la compresión de 195.32 kg/cm^2 que fue menor respecto a las demás probetas.
- Por último, a los 28 días el valor promedio de la resistencia a la compresión de la probeta patrón es de 242.13 kg/cm^2 siendo menor que la resistencia a la compresión del concreto con 10% de residuos de cerámica, la cual tuvo un valor de 246.78 kg/cm^2 .

RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar la influencia de residuos de cerámica en el concreto con adición de 8% y 12%, porque son valores cercanos a nuestro valor óptimo de 10% y que su resistencia a la compresión resultó ser mayor que la probeta patrón.
- Se recomienda evaluar cómo influye los residuos de cerámica como reemplazo porcentual del cemento en su durabilidad, en su resistencia a la tracción y en su resistencia a la flexión del concreto.
- Evaluar la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto a los 56 días y 90 días de curado.
- Limpiar la superficie de la baldosa antes de la molienda para que no se mezcle con residuos contaminantes.
- Se recomienda utilizar residuos de cerámica más finos con un tamaño de partícula menor a 150 μm (N° 100); y así, comprobar si su resistencia a la compresión aumenta.
- Elaborar costos más detallados para cada mezcla de concreto con distintos porcentajes.
- Se recomienda que los residuos de cerámica que se hallan en los vertederos se industrialicen para crear un concreto económico y eco amigable.

REFERENCIAS

- Acosta. (2017). *“INFLUENCIA DEL CAOLÍN COMO REEMPLAZO PARCIAL DEL CEMENTO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO DE $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ”*. Cajamarca.
- Alemán. (2017). *“RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL MORTERO CEMENTO – ARENA 1:4 CON EL REEMPLAZO DE VIDRIO MOLIDO”*. Cajamarca.
- Chicaiza, & Guerra. (2017). *“ESTUDIO DEL USO DE RESIDUOS CERÁMICOS COMO SUSTITUTO DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO PARA LA FABRICACIÓN DE MORTEROS”*. Quito.
- Contreras, & Peña. (2017). *“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN EL CONCRETO ADICIONANDO DOSIFICACIONES DE CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN EN LA MEZCLA”*. Trujillo.
- Corcuera, & Vela. (2018). *IMPACTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO A PARTIR DE LA SUSTITUCIÓN DE LA PIEDRA POR ECOGRAVILLA DE ESCORIA DE ACERO, TRUJILLO – 2018*. Trujillo.
- Correa, J. C., Iral, R., & Rojas, L. (Junio de 2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*, 29, 57, 76.
- Cuellar Lozano, J. (2000). *Desarrollo y caracterización de un gres porcelánico*. México.
- El- Dieb, Taha, & Abu-Eishah. (2018). *The Use of Ceramic Waste Powder (CWP) in Making Eco-Friendly Concrete*.
- Espinosa Lloréns, C., López Torres, M., Pellón Arrechea, A., Fernández García, L., Hernández Castro, C., & Bataller Venta, M. (2007). *LIXIVIADOS DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. La Habana.
- Galán, E., & Aparicio, P. (s.f.). *“Materias primas para la industria cerámica”*.
- Gorgas García, J., Cardiel López, N., & Zamorano Calvo, J. (2011). *ESTADÍSTICA BÁSICA PARA ESTUDIANTES DE CIENCIAS*. Madrid.
- Hernández, Z. (2012). *MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS: APUNTES*. Madrid.

Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto [ICCYC]. (2006).

Jaime, & Portocarrero. (2018). *“INFLUENCIA DE LA CASCARILLA Y CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL, TRUJILLO 2018”*. Trujillo.

Jiménez. (2016). *“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ CON LA ADICIÓN DE DIFERENTES PORCENTAJES DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, UPNC 2016”*. Cajamarca.

Jimenez, & Moreno. (2016). *“EFECTO DEL REEMPLAZO DE CEMENTO PORTLAND POR EL DÍOXIDO DE TITANIO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MORTERO”*. Cali.

Kannan, D. M., Aboubakr, S. H., EL-Dieb, A. S., & Reda, M. M. (2017). High performance concrete incorporating ceramic waste powder as large partial replacement of Portland cement. *Construction and Building Materials*, 144, 35-41.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.115>.

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004).

Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá.

Mena Ferrer, M. (2005). *DURABILIDAD DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EN MÉXICO*. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria.

Molina. (2008). *La influencia de las cenizas volantes como sustituto parcial del cemento portland en la durabilidad del hormigón*. Madrid.

Neville, A. (2013). *TÉCNOLOGÍA DEL CONCRETO*. México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi.

NTP339.034. (2015). *“Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”*. Lima: INACAL.

NTP339.185. (2013). *“Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”*. Lima: INDECOPI.

NTP400.012. (2013). *“Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”*. Lima: INDECOPI.

NTP400.017. (2011). *“Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”*. Lima: INDECOPI.

- NTP400.021. (2013). *“Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso”*. Lima: INDECOPI.
- NTP400.022. (2013). *“Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”*. Lima: INDECOPI.
- NTP400.037. (2014). *“Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”*. Lima: INDECOPI.
- Oliveira Fausto. (mayo de 2018). Centrales. (F. Oliveira, Ed.) *Concreto Latinoamericano*, 2(2), 10.
Recuperado el 23 de febrero de 2019
- Pacheco. (2016). *“RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO $F'c=175$ KG/CM² INCORPORANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VIRUTA DE ACERO ENSAYADAS A DIFERENTES EDADES, UPN - 2016”*. Cajamarca.
- Peñafiel. (2016). *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN AL EMPLEAR VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO*. Ambato.
- Praveen, & Chandrasekhar. (2017). DURABILITY ASPECTS OF CONCRETE BY PARTIAL REPLACEMENT OF CEMENT BY CERAMIC WASTE. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 22-30.
- Restrepo, Ó. J. (2011). *“Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución”*. Medellín, Colombia: Centro Editorial Facultad de Minas. Recuperado el 22 de abril de 2019
- REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN. (2019). COSTO, 121.
- Rubio, L. A. (2014). *MANUAL DE ESTADÍSTICA*.
- Salgado, D. (2018). *Prueba de normalidad*.
- Scanferla Lucas, J. (2009). *“ENSAYOS DE HORMIGON EN ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO”*.
- SPSS TUTORIALS. (s.f.). *SPSS TUTORIALS*. Obtenido de <https://www.spss-tutorials.com/spss-repeated-measures-anova/#what-is-repeated-measures-anova>

- Tejada. (2014). *“EFECTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AL REEMPLAZAR PORCENTUALMENTE CEMENTO POR VIDRIO MOLIDO LAS MEZCLAS DE HORMIGÓN”*. Cajamarca.
- Vasquez. (2014). *“EFECTO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AL REEMPLAZAR PORCENTUALMENTE CEMENTO POR VIDRIO MOLIDO LAS MEZCLAS DE HORMIGÓN”*. Cajamarca.
- Velarde. (2017). *“EVALUACIÓN DEL POLVO DE ALUMINIO FUNDIDO SOBRE EL ASENTAMIENTO, COMPRESIÓN, DENSIDAD, ABSORCIÓN EN UN CONCRETO LIGERO, TRUJILLO-2017.”*. Trujillo.
- Vicéns, J., Herrarte, A., & Medina, E. (2005). *ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)*.
- Viera, P., & Chicaiza, C. (2018). "Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros". *REVISTA CIENCIA*, 20, 42.

ANEXOS

ANEXO 1: RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

A. Granulometría de los agregados

❖ Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012, 2013)

Tabla 59: *Análisis granulométrico del agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.750	90.0	4.50	4.50	95.50
Nº 8	2.360	270.0	13.50	18.00	82.00
Nº 16	1.180	220.0	11.00	29.00	71.00
Nº 30	0.600	365.0	18.25	47.25	52.75
Nº 50	0.300	840.0	42.00	89.25	10.75
Nº 100	0.150	190.0	9.50	98.75	1.25
FONDO	0.000	25.0	1.25	100.00	0.00

Fuente: Base de datos, 2019

❖ **Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012, 2013)**

Tabla 60: *Análisis granulométrico de agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	220.0	7.10	7.1	92.9
1/2"	12.500	695.0	22.42	29.5	70.5
3/8"	9.500	585.0	18.87	48.4	51.6
Nº 4	4.750	1350.0	43.55	91.9	8.1
Nº 8	2.360	200.0	6.45	98.4	1.6
Nº 16	1.180	25.0	0.81	99.2	0.8
Nº 30	0.600	15.0	0.48	99.7	0.3
Nº 50	0.300	4.0	0.13	99.8	0.2
Nº 100	0.150	4.0	0.13	99.9	0.1
FONDO	0.000	2.0	0.06	100.0	0.0

Fuente: Base de datos, 2019

B. Contenido de humedad de los agregados

❖ Contenido de humedad del agregado fino (NTP 339.185, 2013)

Tabla 61: *Contenido de humedad del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso de la muestra húmeda (g)	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra seca (g)	494.10	493.50	494.00
Contenido de humedad (%)	1.19	1.32	1.21
PROMEDIO (%)	1.24		

Fuente: Base de datos, 2019

❖ Contenido de humedad del agregado grueso (NTP 339.185, 2013)

Tabla 62: *Contenido de humedad del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso de la muestra húmeda (g)	3000.00	3000.00	3000.00
Peso de la muestra seca (g)	2979.50	2982.50	2981.00
Contenido de humedad (%)	0.69	0.59	0.64
PROMEDIO (%)	0.64		

Fuente: Base de datos, 2019

C. Peso unitario de los agregados

❖ Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado (NTP 400.017, 2011)

○ Agregado fino

Tabla 63: *Peso unitario seco compactado del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso del agua (kg)	13.96	13.96	13.96
Temperatura del agua (c°)	26.10	26.10	26.10
Densidad del agua (kg/m ³)	996.75	996.75	996.75
Volumen (m ³)	0.014006	0.014006	0.014006
Peso del molde (kg)	5.52	5.52	5.52
Peso del molde + muestra (kg)	28.31	28.36	28.57
Peso de la muestra (kg)	22.79	22.84	23.05
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1625.00	1630.00	1645.00
PROMEDIO (kg/m³)	1630.00		

Fuente: Base de datos, 2019

○ **Agregado grueso**

Tabla 64: *Peso unitario seco compactado del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso del agua (kg)	13.96	13.96	13.96
Temperatura del agua (c°)	26.10	26.10	26.10
Densidad (kg/m ³)	996.75	996.75	996.75
Volumen (m ³)	0.014006	0.014006	0.014006
Peso del molde (kg)	5.52	5.52	5.52
Peso del molde + muestra (kg)	27.85	27.77	27.51
Peso de la muestra (kg)	22.33	22.25	21.99
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1595.00	1585.00	1570.00
PROMEDIO (kg/m³)	1580.00		

Fuente: Base de datos, 2019

❖ **Ensayo de peso unitario seco suelto de los agregados (NTP 400.017, 2011)**

○ **Agregado fino**

Tabla 65: *Peso unitario seco suelto del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso del agua (kg)	13.96	13.96	13.96
Temperatura del agua (c°)	26.1	26.1	26.1
Densidad (kg/m ³)	996.75	996.75	996.75
Volumen (m ³)	0.014006	0.014006	0.014006
Peso del molde (kg)	5.52	5.52	5.52
Peso del molde + muestra (kg)	26.68	26.76	26.96
Peso de la muestra (kg)	21.16	21.24	21.44
Peso unitario suelto(kg/m ³)	1510	1515	1530
PROMEDIO (kg/m³)		1520	

Fuente: Base de datos, 2019

○ **Agregado grueso**

Tabla 66: *Peso unitario seco suelto del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso del agua (kg)	13.96	13.96	13.96
Temperatura del agua (c°)	26.10	26.10	26.10
Densidad (kg/m ³)	996.75	996.75	996.75
Volumen (m ³)	0.014006	0.014006	0.014006
Peso del molde (kg)	5.52	5.52	5.52
Peso del molde + muestra (kg)	26.33	26.82	26.62
Peso de la muestra (kg)	20.81	21.30	21.10
Peso unitario suelto(kg/m ³)	1485.00	1520.00	1505.00
		1500.00	
PROMEDIO (kg/m ³)			

Fuente: Base de datos, 2019

D. Peso específico y absorción de los agregados

❖ Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013)

Tabla 67: *Peso específico y absorción del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Muestra (g)	500	500	500
Peso de fiola (g)	167.30	167.13	167.09
Peso de fiola + muestra (g)	667.30	667.13	667.09
Peso de la fiola + muestra + agua (g)	984.08	982.65	982.79
Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco (g) (Va)	316.8	315.5	315.7
Peso en el aire de la muestra seca al horno (g) (Wo)	497.54	497.93	498.51
Volumen de la fiola (cm ³) (V)	500.00	500.00	500.00
Peso específico de masa (pem) (kg/m ³)	2715.56	2699.10	2704.88
PROMEDIO (kg/cm³)		2706.52	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (pess) (kg/m ³)	2728.99	2710.32	2712.97
Peso específico aparente (pea) (kg/m ³)	2752.52	2729.73	2726.93
Absorción (%)	0.49	0.42	0.30
PROMEDIO (%)		0.40	

Fuente: Base de datos, 2019

❖ **Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021, 2013)**

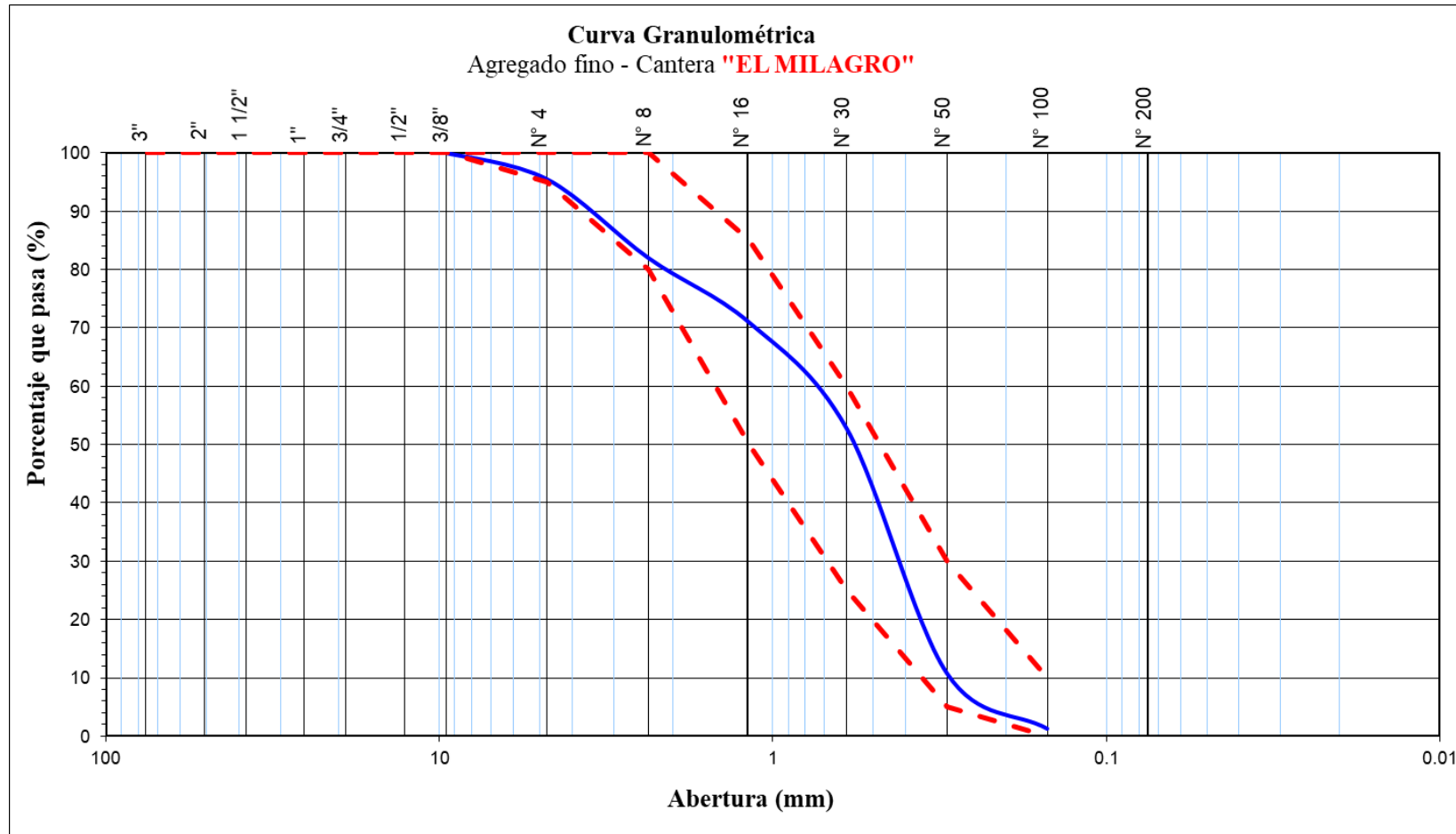
Tabla 68: *Peso específico y absorción del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
Peso de tara (g)	1740.00	1740.00	1740.00
Peso de tara + muestra saturada (g)	4775.50	4775.95	4775.70
Peso de tara + muestra seca (g)	4725.00	4720.00	4715.00
Peso de la muestra seca en el aire (A)	2985.00	2980.00	2975.00
Peso saturada superficialmente (g) (B)	3035.50	3035.95	3035.70
Peso en el agua de la muestra saturada (g) (C)	1896.52	1896.86	1896.58
Peso específico de masa (pem) (kg/m ³)	2620.77	2616.12	2611.67
PROMEDIO (kg/cm³)		2616.18	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (pess) (kg/m ³)	2665.10	2665.24	2664.95
Peso específico aparente (pea) (kg/m ³)	2742.36	2751.26	2758.67
Absorción (%)	1.69	1.88	2.04
PROMEDIO (%)		1.87	

Fuente: Base de datos, 2019

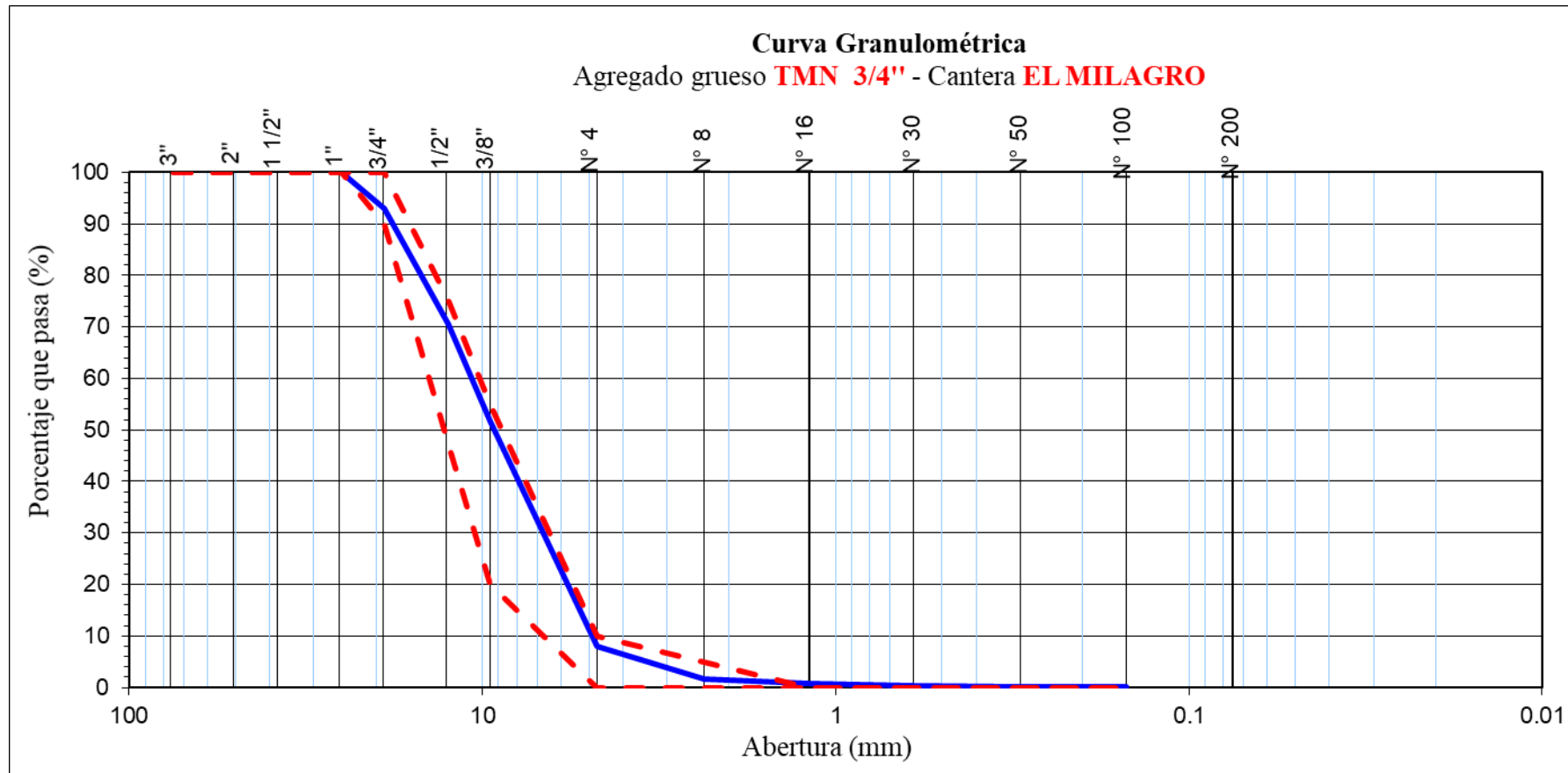
ANEXO 2: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO

Figura 10: Curva granulométrica del agregado fino




Fuente: Base de datos, 2019

Figura 11: Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Base de datos, 2019


ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.92	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3750	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.10	NO ESPECIFICA


Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.1 (266)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	33.9 (346)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	42.3 (431)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	267	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
(*) Requisito opcional.



Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

ANEXO 4: DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I

Tabla 69: Descripción del cemento Pacasmayo Tipo I

Atributo	Detalle
Características	El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado.
Marca	Pacasmayo
Peso de cemento	42.5 Kg
Color	Gris
Usos y Aplicaciones	Obras de concreto y concreto armado en general
	Concreto en clima frío
	Productos prefabricados
	Pavimentos y cimentaciones
	Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
Normas	NTP 334.009, ASTM C150
Propiedades	Mayores resistencias iniciales.
	Menores tiempos de fraguado.
Recomendaciones	Es importante utilizar agregados de buena calidad.
	Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas al aire húmedo.
	Evitar almacenar en pilas de más de 10 bolsas para evitar compactación.
Zonas	Cemento disponible en: Chimbote, Trujillo, Chiclayo, Piura, Sullana y Cajamarca
Tipo	Tipo I
Categoría	Cementos

Fuente: Tomado de la página de SODIMAC HOMECENTER

ANEXO 5: DISEÑO DE MEZCLA ACI.211

Para lograr obtener un buen diseño de mezcla se tendrá que seguir paso a paso lo establecido en el ACI 211. A continuación, se presenta los siguientes pasos a seguir.

❖ Selección de la resistencia a la compresión requerida (f'_{cr}).

Tabla 70: Resistencia a la compresión requerida

Resistencia a la compresión (f'_c)	Resistencia a la compresión requerida (f'_{cr})		
Menor a 210 kgf/cm ²	f'_c	+	70
210 kgf/cm ² - 350 kgf/cm ²	f'_c	+	84
Mayor a 350 kgf/cm ²	f'_c	+	98

Fuente: ACI 211, 2016

Para este diseño de mezcla se consideró un f'_c : 210 kg/cm² porque usualmente con éste se elabora concreto para columnas. Se obtuvo un $f'_{cr} = 294$ kg/cm²; este resultado fue de la suma de $f'_c + 84$ (ver tabla 70).

❖ Selección del asentamiento de diseño

Tabla 71: Asentamiento de diseño

Consistencia	Asentamiento		Trabajabilidad
Seca	0" (0mm)	2" (50mm)	Poca
Plástica (media)	3" (75mm)	4" (100mm)	Buena
Fluida	$\geq 5"$ (125mm)		Poco

Fuente: ACI 211, 2016

El asentamiento que se escogió para este diseño es de 3" a 4" para un concreto que será destinado a columnas, la cual es necesario que el concreto tenga una consistencia plástica y buena trabajabilidad para el vaciado en columnas. (ver tabla 71 y tabla 72)

Tabla 72: *Asentamiento de tipo de construcción*

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	Asentamiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y Muros de cimentación Armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"
El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración		

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Elección del Tamaño máximo (TM) y del Tamaño Máximo Nominal (TMN)

Se logró determinar el tamaño máximo nominal (TMN) y el tamaño máximo (TM) del agregado grueso con el ensayo de granulometría del agregado grueso.

TN = 1"

TMN = 3/4"

❖ Cálculo del agua de la mezcla y contenido de aire

La cantidad de agua será de 205 l/m³ para este diseño; esto se obtuvo intersectando el valor del asentamiento y del TMN (ver tabla 73). Además, el contenido de aire es de 2% este resultado depende del TMN del agregado (ver tabla 74).

Tabla 73: *Volumen de agua en l/m³*

Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados								
Asentamiento	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1 1/2 "	2 "	3 "	4 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: ACI 211, 2018

Tabla 74: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: ACI 211, 2018

❖ Selección de la relación de agua y cemento (A/MC ó A/C)

La relación agua y cemento para un concreto con f'_{cr} de 294 kg/cm^2 se obtiene interpolando (ver tabla 75). El valor de la relación agua y cemento es de 0.558.

Tabla 75: *Relación de agua y cemento*

f'_{c} (Kgf/cm ²)	Relacion agua/cemento en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	---
450	0,38	---

Fuente: ACI 211, 2018

250 _____ 0.62

294 _____ X

300 _____ 0.55

a/c: 0.558

❖ Cálculo del contenido de cemento

Con los datos conseguido anteriormente (a/c y contenido de agua) se calcula el contenido de cemento en kg/m^3 .

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{\text{Contenido de agua } \left(\frac{1}{\text{m}^3}\right)}{\text{Relación } \left(\frac{a}{c}\right)}$$

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{205 \left(\frac{1}{\text{m}^3}\right)}{0.558}$$

$$\text{Contenido de cemento} = 367.38 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

❖ Estimación del agregado fino y grueso

- Estimación del agregado grueso

Tabla 76: *Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto*

Volúmen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volúmen de concreto, para diferentes
módulos de fineza de agregado fino

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8 "	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.60
1 "	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.70
2 "	0.78	0.76	0.74	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.75
6 "	0.87	0.85	0.84	0.81

Fuente: ACI 211, 2018

A continuación, se interceptó el TMN y los módulos de finura y por medio de la interpolación se obtuvo el factor AG (ver tabla 76).

$$3.00 \text{ ————— } 0.60$$

$$2.87 \text{ ————— } b/bo$$

$$2.80 \text{ ————— } 0.62$$

$$b/bo = 0.558 = \text{Factor AG}$$

- El peso seco del agregado grueso se obtiene de la siguiente manera.

$$\text{Peso seco AG} = \text{PUSC (AG)} \times \text{Factor AG}$$

$$\text{Peso seco AG} = 1,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.61$$

$$\text{Peso seco AG} = 963.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

– El volumen del agregado grueso se obtiene de la siguiente manera.

$$\text{Volumen del AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{Pem AG}}$$

$$\text{Volumen del AG} = \frac{963.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{2,616.18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Volumen del AG} = 0.3684 \text{ m}^3$$

Para mejor comprensión, los datos obtenidos se colocarán en un cuadro (ver tabla 77).

Tabla 77: *Resumen parcial de los pesos secos y volúmenes de los materiales*

Materiales	Peso seco (Kg/m³)	Volumen (m³)
Cemento Tipo 1	367.38	0.1185
Agua	205	0.205
Agregado fino	-	-
Agregado Grueso	963.8	0.3684
Aire (2%)	-	2%
Balance volúmenes		0.7119

Fuente: Base de datos, 2019

- Estimación del agregado fino
- El volumen del agregado fino se obtendrá restando el volumen total y el balance volúmenes; este último dato se encuentra en la tabla 73.

$$\text{Volumen AF} = \text{Volumen total} - \text{Balance volúmenes}$$

$$\text{Volumen AF} = 1 \text{ m}^3 - 0.7719 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen AF} = 0.2881 \text{ m}^3$$

- Peso del agregado fino

$$\text{Peso seco AF} = \text{Pem AF} \times \text{Volumen AF}$$

$$\text{Peso seco AF} = 2,706.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.2881 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco AF} = 779.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A continuación, se presenta un cuadro con todos los datos obtenidos para el diseño de mezcla.

Tabla 78: *Resumen de los pesos secos y volúmenes de los materiales*

Materiales	Peso seco (Kg/m³)	Volumen (m³)
Cemento Tipo 1	367.38	0.1185
Agua	205	0.205
Agregado fino	779.75	0.2881
Agregado Grueso	963.8	0.3684
Aire (2%)	-	2%
Total		1

Fuente: Base de datos, 2019

❖ Corrección por humedad y % de absorción de los agregados

- Corrección por % de absorción de los agregados

Para la corrección por % de absorción del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 74 y el % de absorción.

$$\text{Correc. Peso AFsss} = 779.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{0.4}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AFsss} = 782.87 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la corrección por % de absorción del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 74 y el % de absorción.

$$\text{Correc. Peso AGsss} = 963.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{1.87}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AGsss} = 981.82 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A continuación, se presenta los datos con sus correspondientes resultados.

Tabla 79: Corrección por % de absorción – Peso Saturado Superficialmente Seco

Materiales	Peso seco (Kg/m³)	Volumen (m³)	% Absorción	Corrección por % Absorción	Peso SSS (Kg/m³)
Cemento Tipo 1	367.38	0.1185			367.38
Agua	205	0.205			205
Agregado fino	779.75	0.2881	0.4	779.75*(1+0.4/100)	782.87
Agregado Grueso	963.8	0.3684	1.87	963.80*(1+1.87/100)	981.82
Aire (2%)	-	2%			
PUC (kg/m³)	2315.93	1			2337.07

Fuente: Base de datos, 2019

- Corrección por humedad de los agregados

Para la corrección por % de humedad del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 74 y el % de humedad.

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = \text{Peso seco AF} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = 779.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{1.24}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AF Hum} = 178.42 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para la corrección por % de humedad del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 74 y el % de humedad.

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = \text{Peso seco AG} \times \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = 963.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(1 + \frac{0.64}{100}\right)$$

$$\text{Correc. Peso AG Hum} = 969.97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Aporte de agua

Para el aporte agua del agregado fino se necesitó el peso seco de la tabla 74, su % de humedad y su % de absorción.

$$\text{Aporte de agua Af} = \text{Peso seco AF} \times \left(\frac{\% \text{ hum} - \% \text{ abs}}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua Af} = 779.75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{1.24 - 0.40}{100}\right)$$

$$\text{Aporte de agua Af} = 6.55 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para el aporte agua del agregado grueso se necesitó el peso seco de la tabla 74, su % de humedad y su % de absorción:

$$\text{Aporte de agua AG} = \text{Peso seco AG} \times \left(\frac{\% \text{ hum} - \% \text{ abs}}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = 963.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{0.64 - 1.87}{100} \right)$$

$$\text{Aporte de agua AG} = -11.85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Por último, el aporte de agua del agregado grueso y del agregado fino fueron esenciales para obtener el peso corregido del agua.

A continuación, se muestra un cuadro con todos los datos calculados.

Tabla 80: Corrección por % de humedad – Peso Húmedo

Materiales	Peso seco (Kg/m ³)	Peso SSS (Kg/m ³)	% Humedad	Aporte de agua	Peso Húmedo (Kg/m ³)
Cemento Tipo 1	367.38	367.38			367.38
Agua	205	205			210.3
Agregado fino	779.75	782.87	1.24	6.55	789.42
Agregado Grueso	963.8	981.82	0.64	-11.85	969.97
Aire (2%)	0	-			
PUC (kg/m ³)	2315.93	2337.07			2337.07

Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO 6: ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS EN CONCRETO

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.037
2014

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto

AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.:91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014

ANEXO 7: PRÁCTICA NORMALIZADA PARA LA ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.033
2015

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo

Concrete Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL, está basada en la Norma ASTM C 31/C31M:2012 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2015-12-22
4ª Edición

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 17 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Vigas, concreto, curado

© ASTM 2012 - © INACAL 2015

ANEXO 8: ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.035
2009

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2009-12-23
3ª Edición

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

ANEXO 9: ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.034
2015**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la
determinación de la resistencia a la compresión del concreto
en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22
4ª Edición**

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

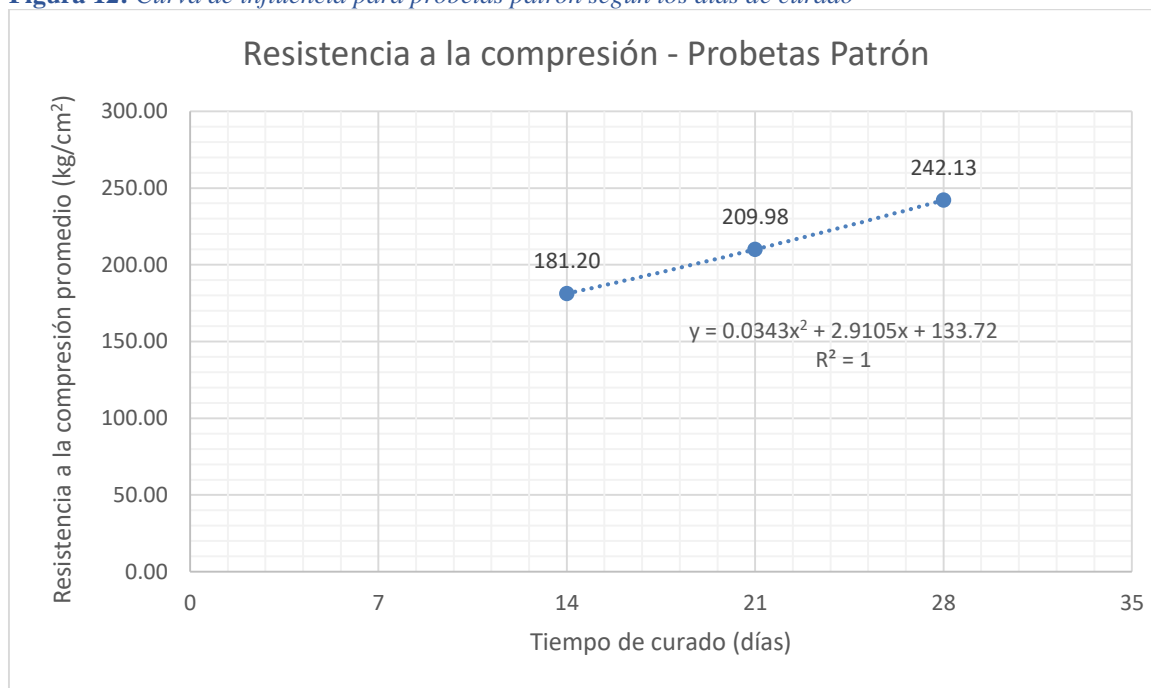
ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

© ASTM 2015 - © INACAL 2015

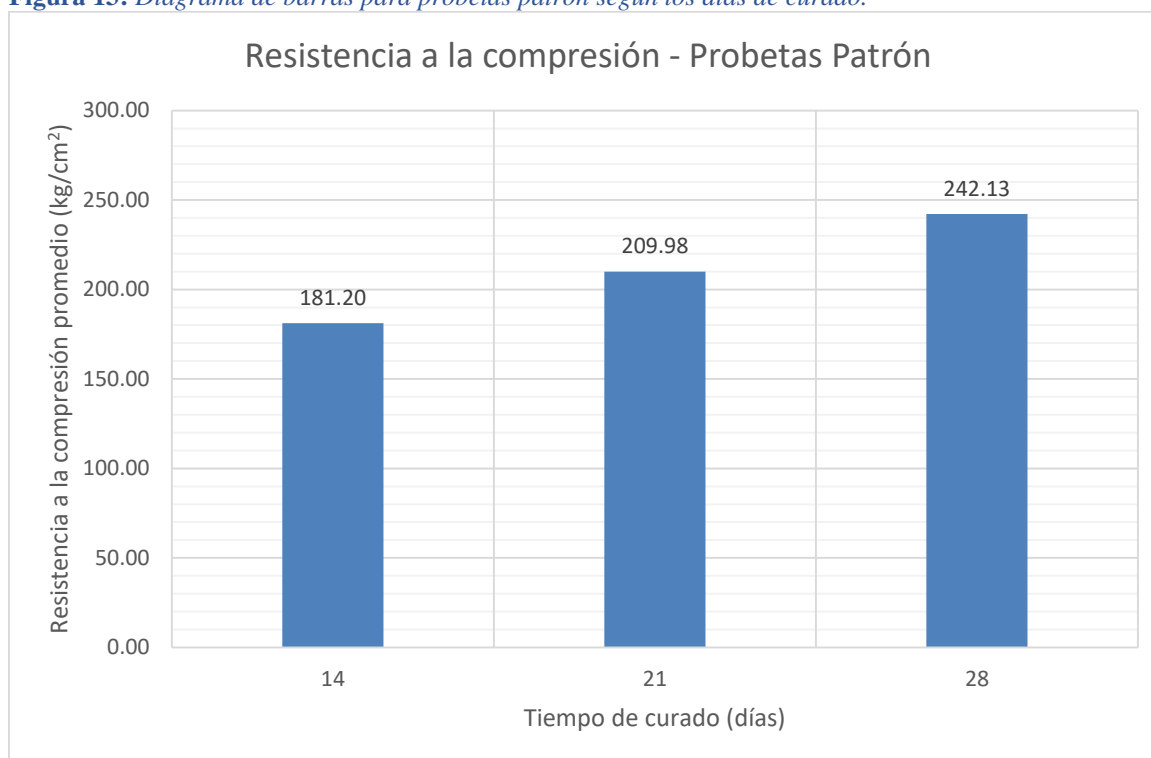
ANEXO 10: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

Figura 12: Curva de influencia para probetas patrón según los días de curado



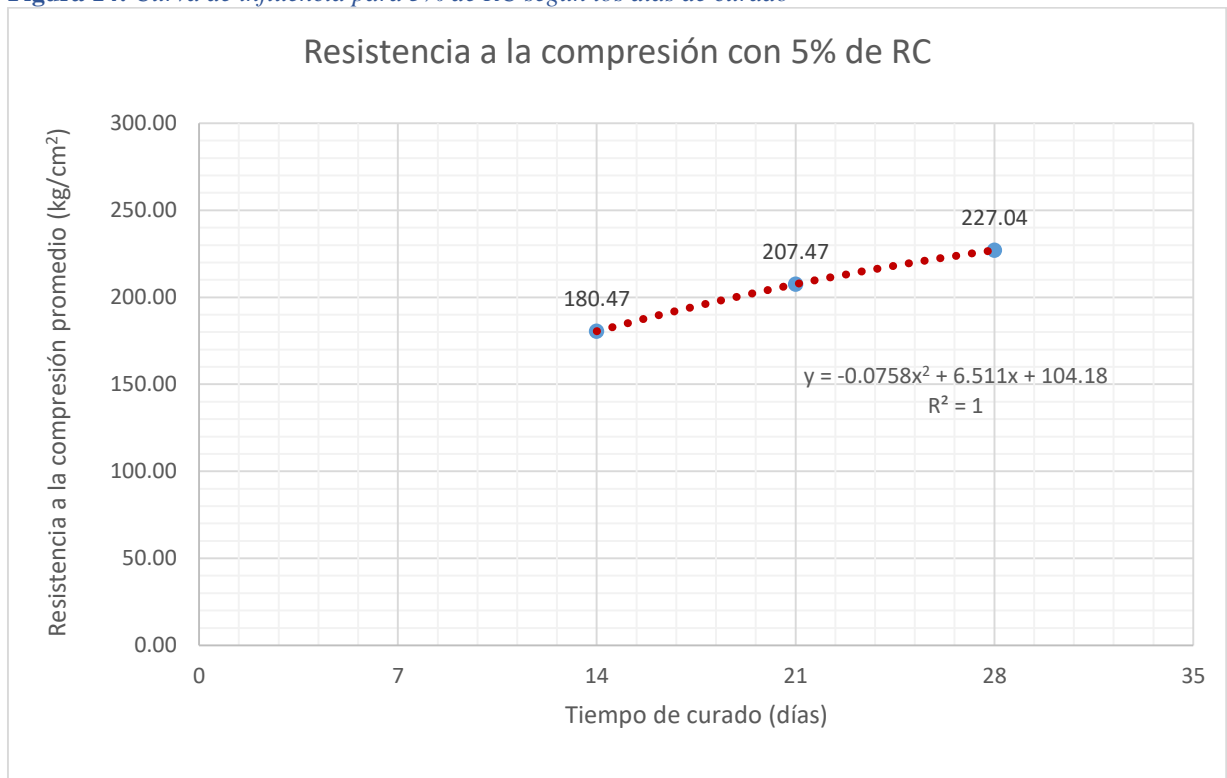
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 13: Diagrama de barras para probetas patrón según los días de curado.



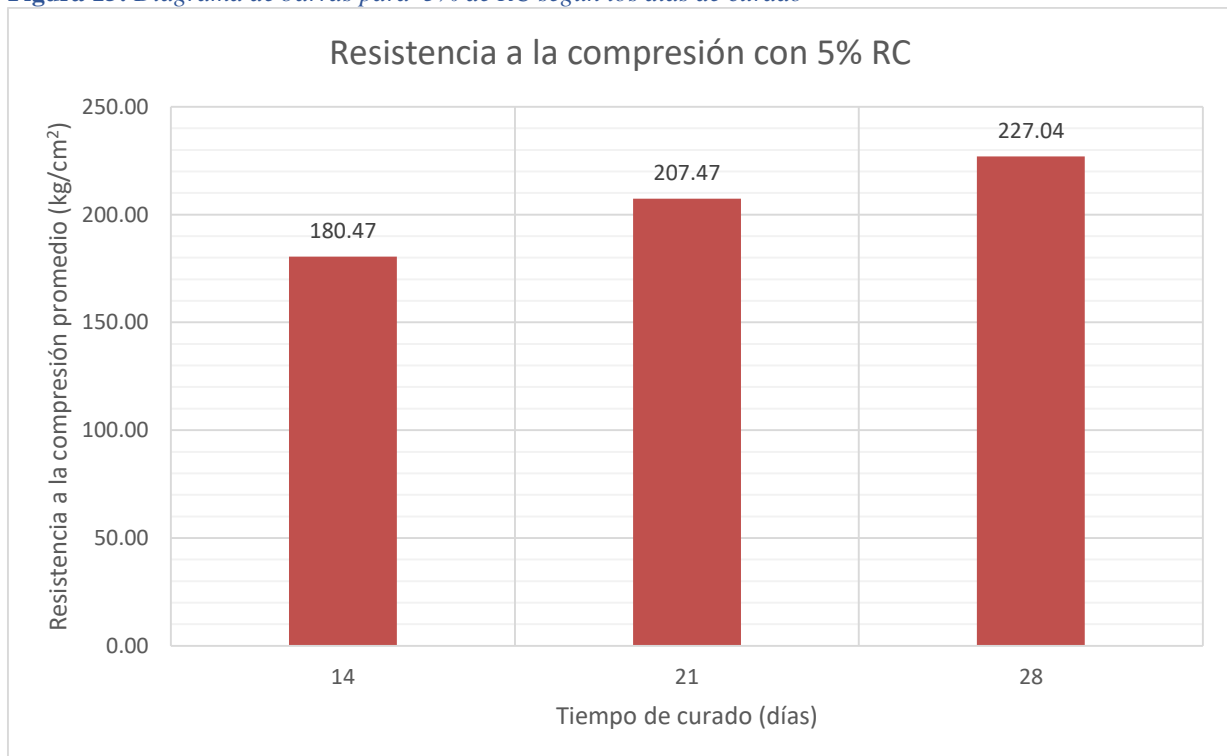
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 14: Curva de influencia para 5% de RC según los días de curado



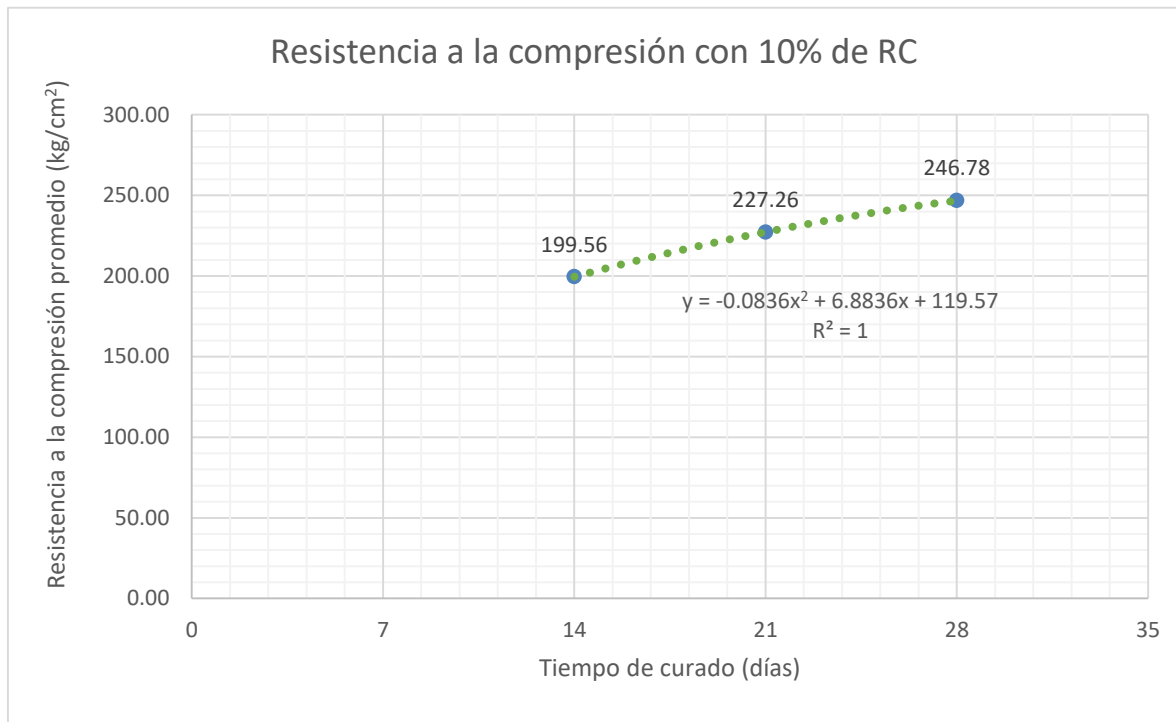
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 15: Diagrama de barras para 5% de RC según los días de curado



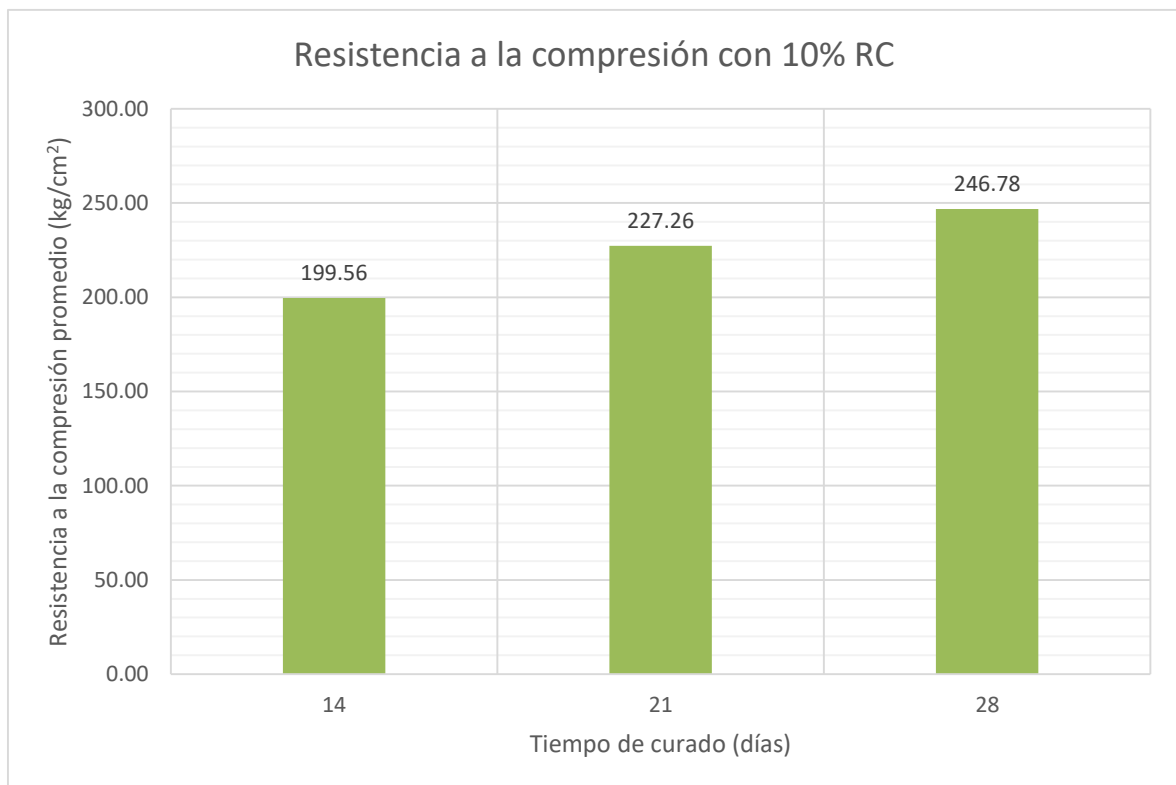
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 16: Curva de influencia para 10% de RC según los días de curado



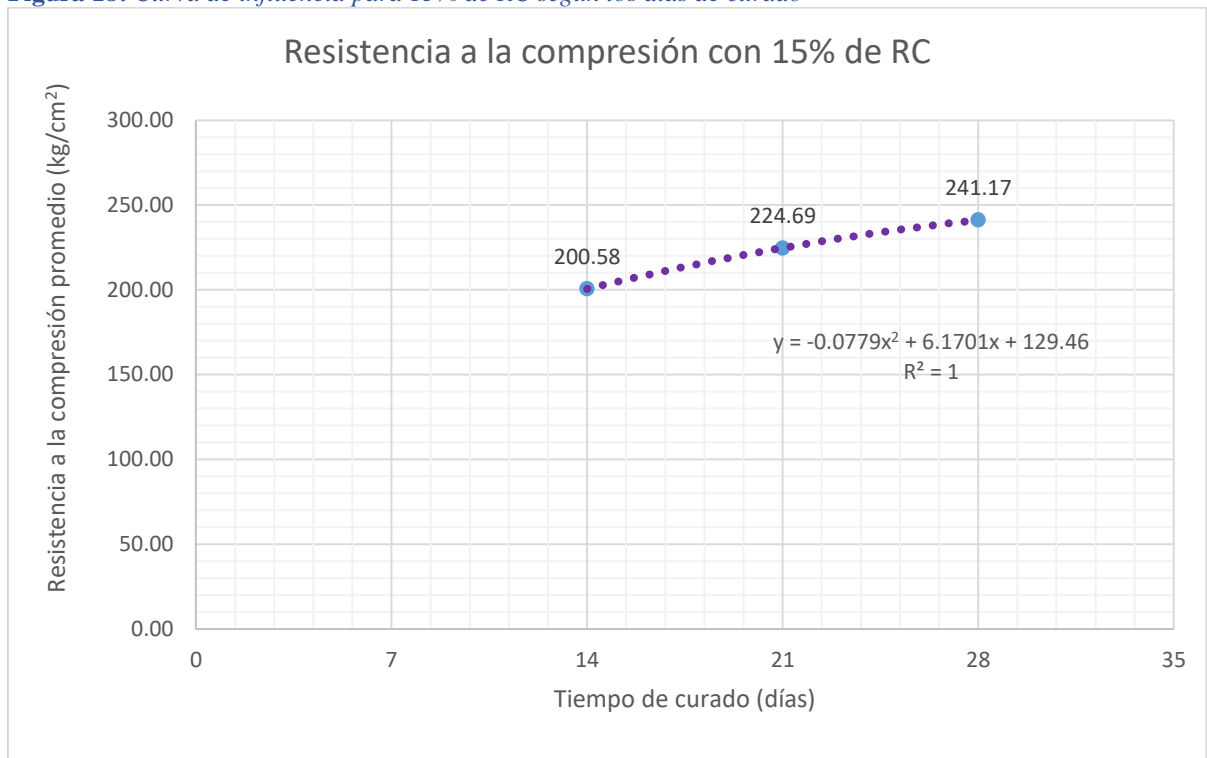
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 17: Diagrama de barras para 10% de RC según los días de curado



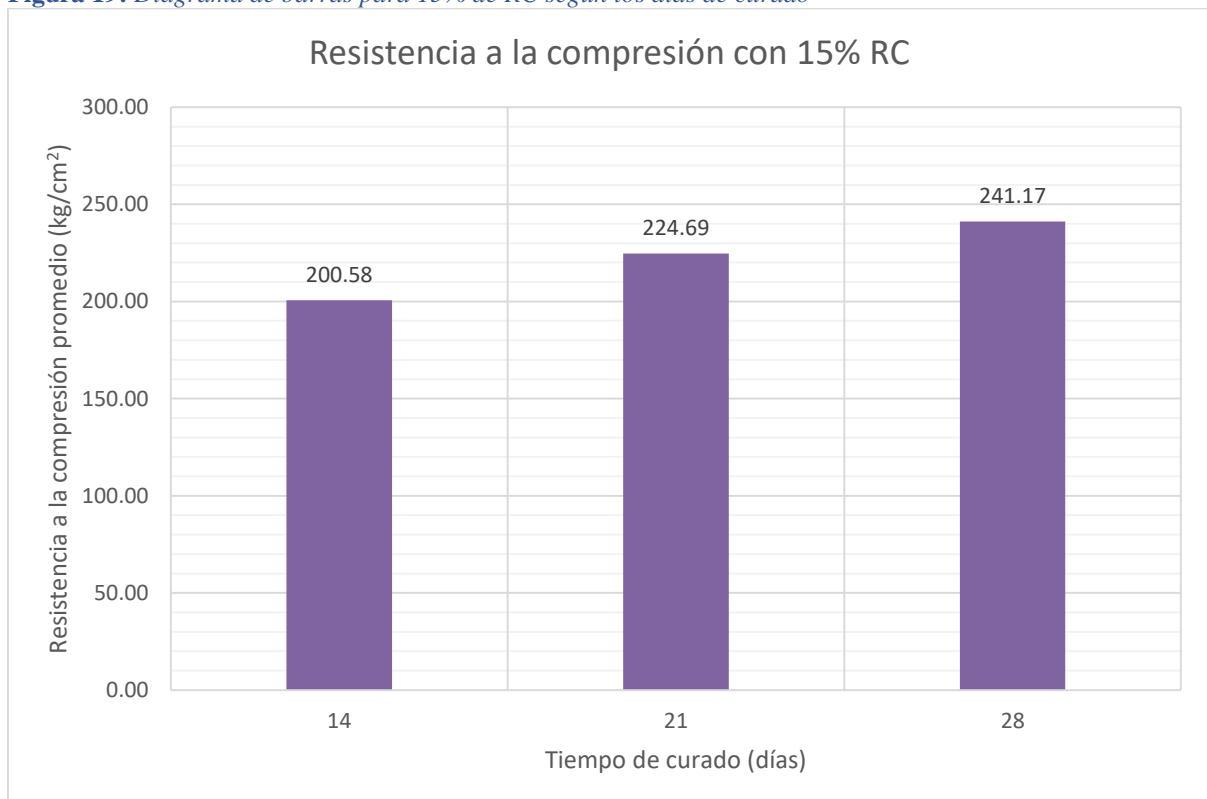
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 18: Curva de influencia para 15% de RC según los días de curado



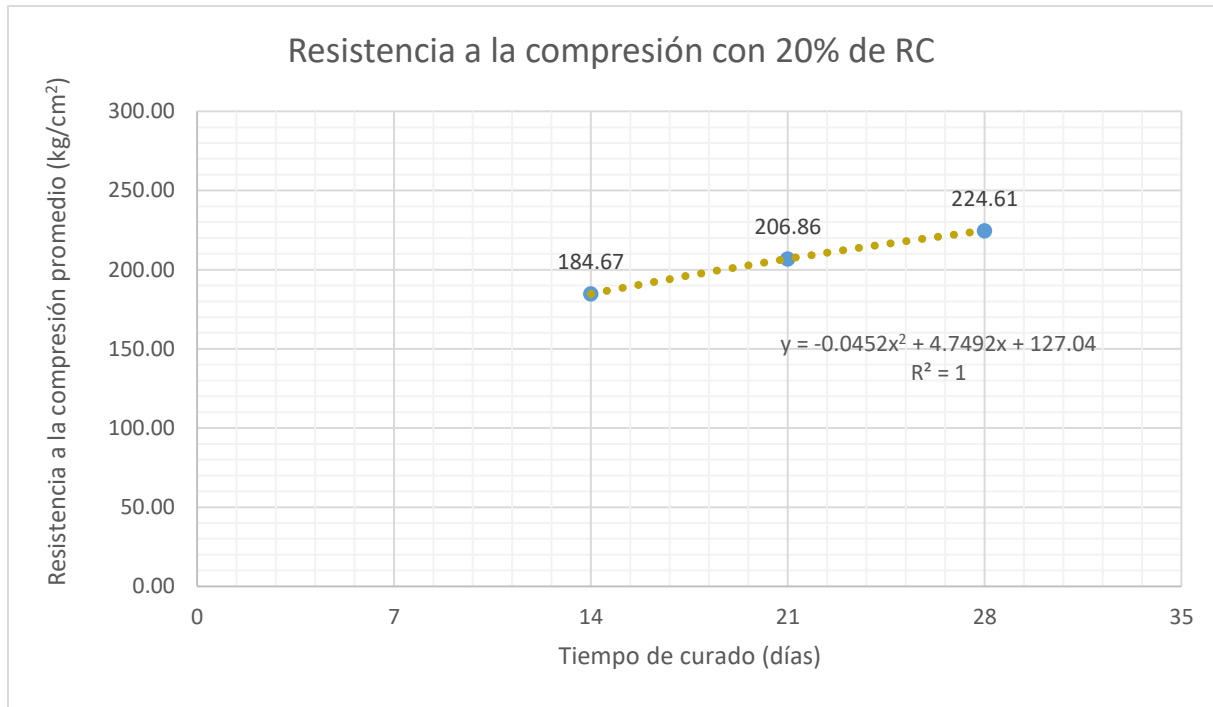
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 19: Diagrama de barras para 15% de RC según los días de curado



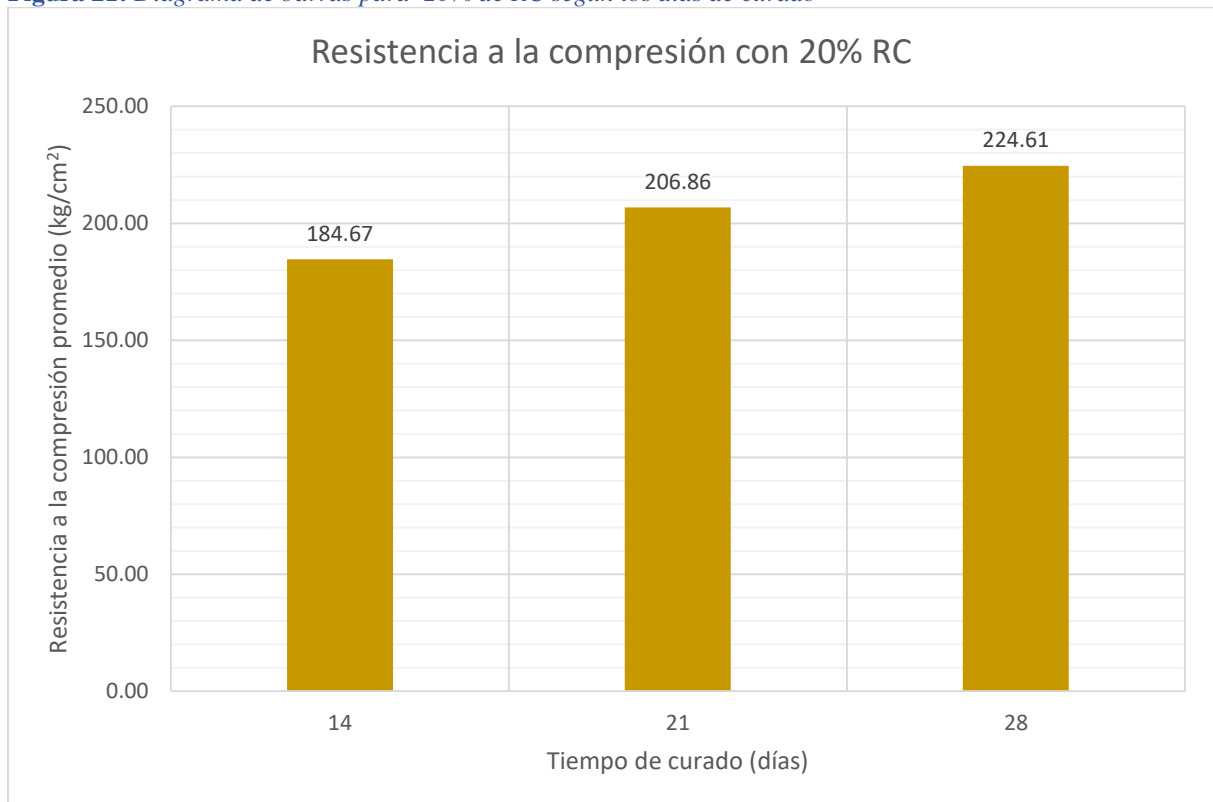
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 20: Curva de influencia para 20% de RC según los días de curado



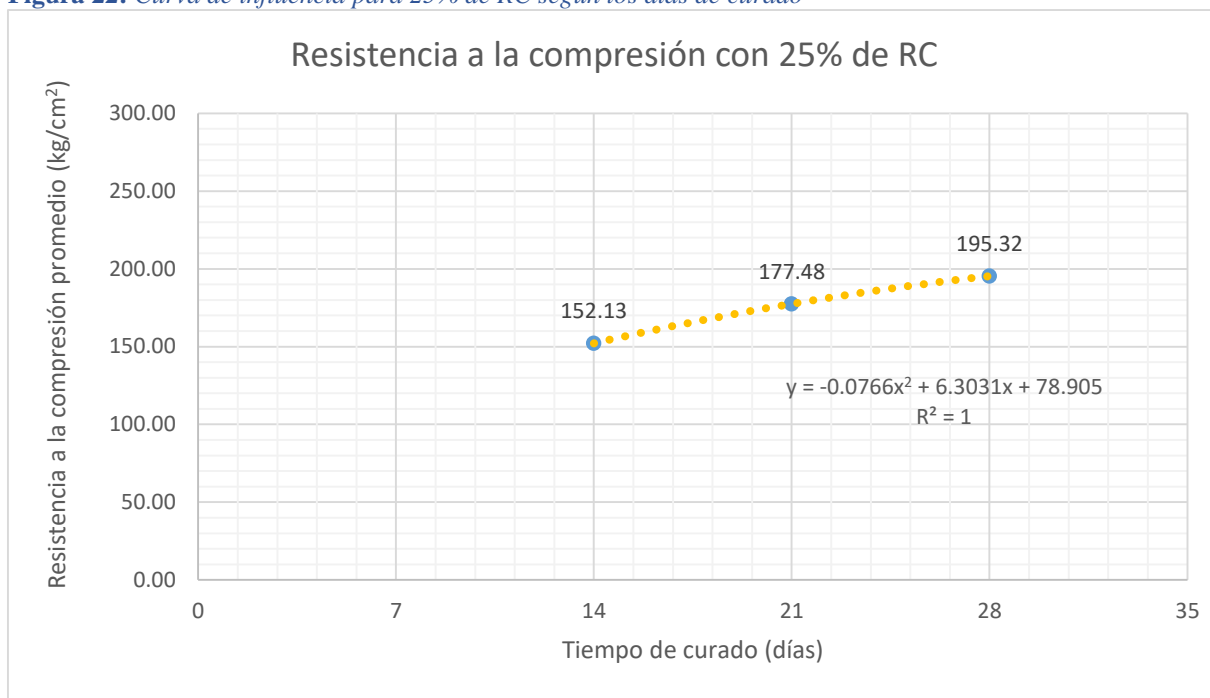
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 21: Diagrama de barras para 20% de RC según los días de curado



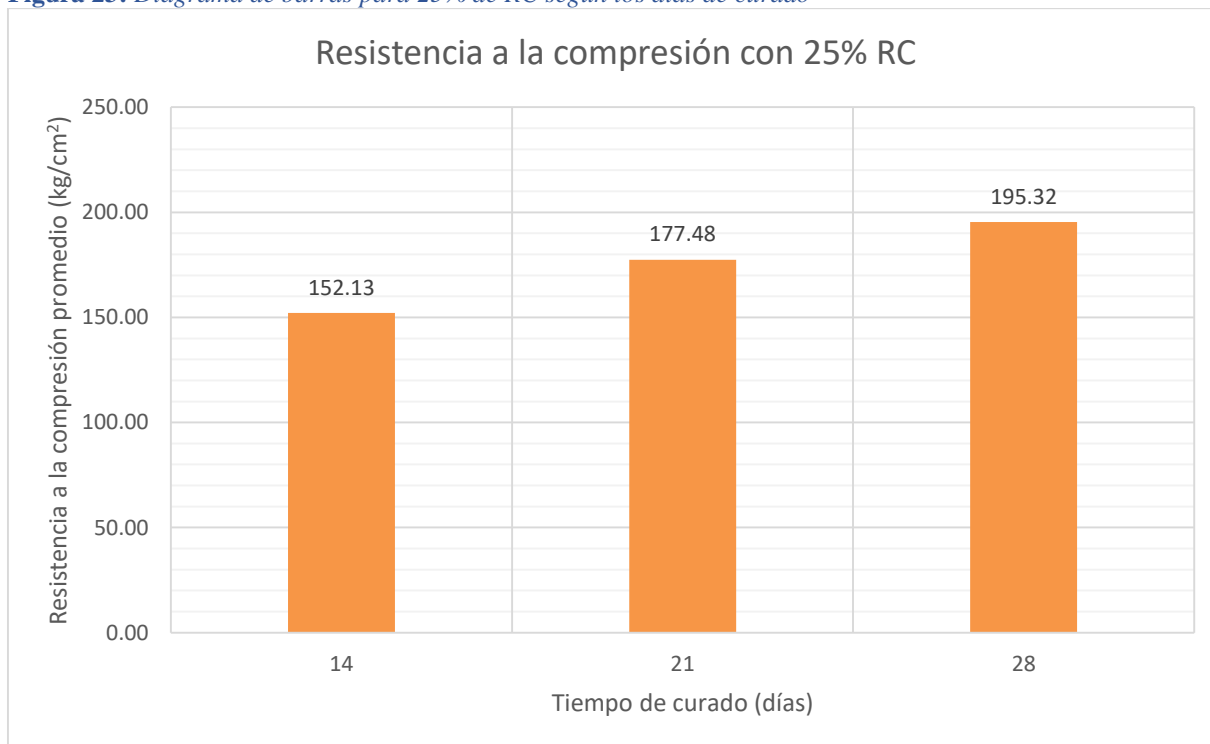
Fuente: Base de datos, 2019

Figura 22: Curva de influencia para 25% de RC según los días de curado



Fuente: Base de datos, 2019

Figura 23: Diagrama de barras para 25% de RC según los días de curado



Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO 11: REVISTA DE COSTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

EDICIÓN 298 / FEBRERO - MARZO 2019

COSTOS

REVISTA ESPECIALIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN

PLAZA CORPORATIVA
MORE

Señores
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE SAC
Atte.: MITCHELL CRUZ
CA. 31 S/N DEL CASERIO MANSICHE URB. SAN ISIDRO II ETAPA
Lugar: Trujillo Ciudad: Trujillo
Usuario Web: usuario04943

PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA
DE LOS NUEVOS GOBIERNOS REGIONALES

BIM PARA LA GESTIÓN
DE PROYECTOS PÚBLICOS

NAVES INDUSTRIALES: TENDENCIAS
EN DISEÑO E INNOVACIONES

ESTRUCTURAS METÁLICAS
EN INFRAESTRUCTURA

OPTIMIZANDO LOS COSTOS
DE LA PARTIDA DE ACERO

PERÚ S/. 39



7 751642 000011 >
ISSN 2223-0017

SUPLEMENTO TÉCNICO

TIPOLOGÍA G: CAMPAMENTO MINERO MÓDULO DE OBREROS - PRECIOS PARTIDAS DESAGREGADAS -
ANÁLISIS DE PRECIOS - PRECIOS DE MATERIALES, COSTOS DE MANO DE OBRA - TARIFAS DE EQUIPO -
INDICADORES DEL SECTOR - ÍNDICES UNIFICADOS

Incluye acceso digital para suscriptores

www.costosperu.com

ANEXO 12: DETALLE DE COSTO PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CONSIDERANDO EL COSTO DE RESIDUOS DE CERÁMICA

Los precios de operario, oficial y de peón se obtuvo de la REVISTA DE COSTO (2019), el precio de los agregados y del cemento es lo que se gastó para adquirirlos. Además, el precio de la moliendo de los residuos cerámicos fue s/ 3.00 / kilo. El rendimiento se obtuvo de CAPECO.

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 0% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3					
PARTIDA:	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:	m3				
RENDIMIENTO :	20	m3/día		PRECIO:	S/. 365.05
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 82.05
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.50
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.02
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.53
MATERIALES					S/. 250.54
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.644	26.50	229.07
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg			0.10	0.00
EQUIPOS					S/. 32.46
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46

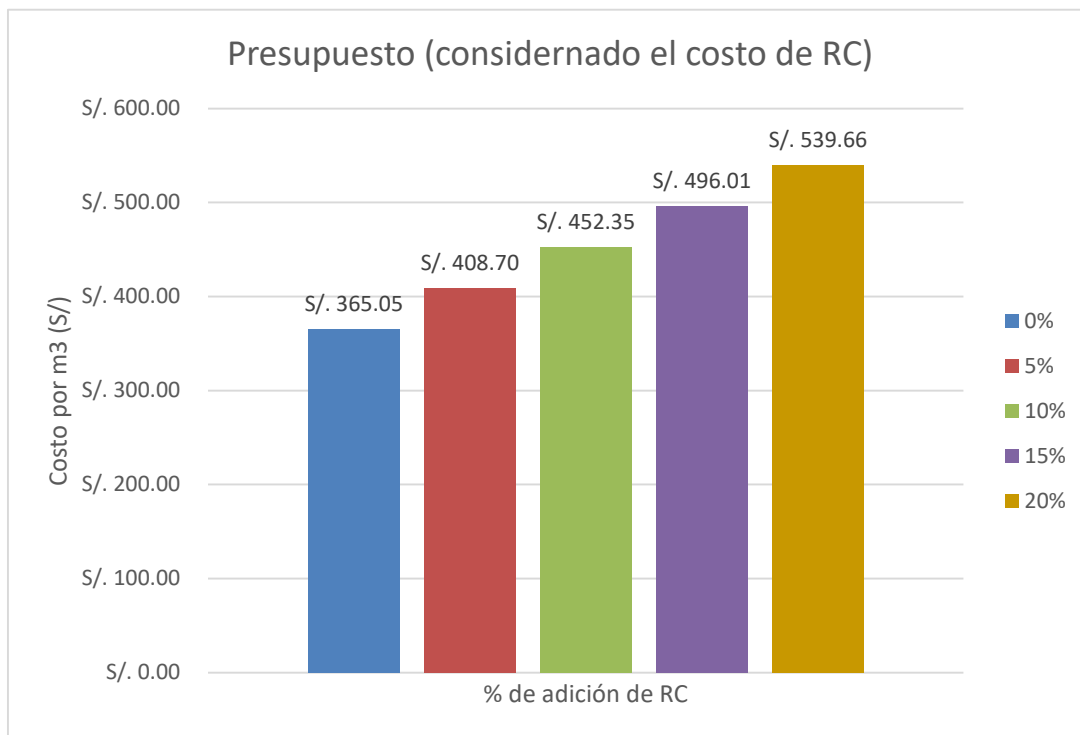
PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 5% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3						
PARTIDA: CONCRETO f'c = 210 kg/cm2 UNIDAD: m3 RENDIMIENTO : 20 m3/día PRECIO: S/. 408.70						
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA					S/. 82.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.50	
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.02	
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.53	
MATERIALES					S/. 294.19	
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29	
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.212	26.50	217.62	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19	
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		18.369	3.00	55.11	
EQUIPOS					S/. 32.46	
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46	

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 10% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3					
PARTIDA:	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:	m3				
RENDIMIENTO :	20	m3/día		PRECIO:	S/. 452.35
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 82.05
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528
MATERIALES					S/. 337.84
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		7.780	26.50	206.17
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		36.738	3.00	110.21
EQUIPOS					S/. 32.46
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 15% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3					
PARTIDA: CONCRETO f'c = 210 kg/cm2					
UNIDAD: m3					
RENDIMIENTO : 20 m3/día				PRECIO:	S/. 496.01
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 82.05
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528
MATERIALES					S/. 381.50
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		7.348	26.50	194.71
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		55.107	3.00	165.32
EQUIPOS					S/. 32.46
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 20% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3						
PARTIDA:		CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:		m3				
RENDIMIENTO :		20	m3/día	PRECIO:		S/. 539.66
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA					S/. 82.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504	
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016	
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528	
MATERIALES					S/. 425.15	
AGREGADO FINO	m3		0.29	25.00	7.29	
AGREGADO GRUESO	m3		0.37	35.00	12.98	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		6.92	26.50	183.26	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.21	5.68	1.19	
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		73.48	3.00	220.43	
EQUIPOS					S/. 32.46	
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46	

Figura 24: Costo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición



Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO 13: DETALLE DE COSTO PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO DESCARTANDO EL COSTO DE RESIDUOS DE CERÁMICA

Esto servirá de guía para futuras tesis. El precio de la molienda de residuos cerámicos no se considerará porque existen fábricas de cerámica que durante su fabricación producen polvo de cerámica, la cual no tendrá costo alguno y será más económico para la elaboración de concreto. En esta tesis, como se comprobó que los residuos de cerámica influyen positivamente en la resistencia a la compresión del concreto, entonces es viable utilizarlo como un sustituto parcial del cemento.

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 0% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3					
PARTIDA:	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:	m3				
RENDIMIENTO :	20	m3/día		PRECIO:	S/. 365.05
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 82.05
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.50
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.02
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.53
MATERIALES					S/. 250.54
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.644	26.50	229.07
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		0.000	0.00	0.00
EQUIPOS					S/. 32.46
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46

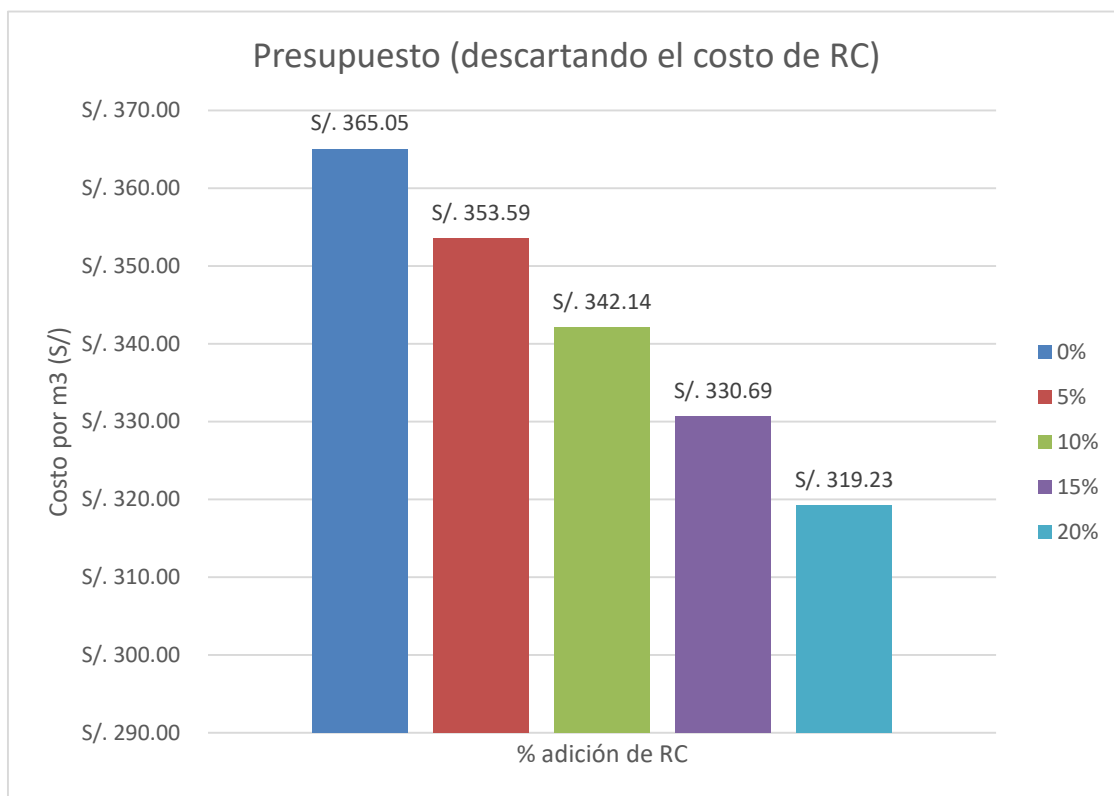
PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 5% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3						
PARTIDA:		CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:		m3				
RENDIMIENTO :		20	m3/día	PRECIO:		S/. 353.59
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA					S/. 82.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.50	
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.02	
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.53	
MATERIALES					S/. 239.08	
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29	
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		8.212	26.50	217.62	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19	
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		18.369	0.00	0.00	
EQUIPOS					S/. 32.46	
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46	

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 10% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3					
PARTIDA:	CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:	m3				
RENDIMIENTO :	20	m3/día		PRECIO:	S/. 342.14
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					S/. 82.05
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528
MATERIALES					S/. 227.63
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		7.780	26.50	206.17
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		36.738	0.00	0.00
EQUIPOS					S/. 32.46
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 15% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3						
PARTIDA: CONCRETO f'c = 210 kg/cm2 UNIDAD: m3 RENDIMIENTO : 20 m3/día PRECIO: S/. 330.69						
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA					S/. 82.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504	
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016	
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528	
MATERIALES					S/. 216.18	
AGREGADO FINO	m3		0.292	25.00	7.29	
AGREGADO GRUESO	m3		0.371	35.00	12.98	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		7.348	26.50	194.71	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.210	5.68	1.19	
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		55.107	0.00	0.00	
EQUIPOS					S/. 32.46	
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46	

PRODUCCIÓN DE CONCRETO CON 20% DE RESIDUOS DE CERÁMICA PARA 1 m3						
PARTIDA:		CONCRETO f'c = 210 kg/cm2				
UNIDAD:		m3				
RENDIMIENTO :		20	m3/día	PRECIO:		S/. 319.23
DESCRIPCION	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	
MANO DE OBRA					S/. 82.05	
OPERARIO	hh	2.00	0.80	21.88	17.504	
OFICIAL	hh	2.00	0.80	17.52	14.016	
PEON	hh	8.00	3.20	15.79	50.528	
MATERIALES					S/. 204.72	
AGREGADO FINO	m3		0.29	25.00	7.29	
AGREGADO GRUESO	m3		0.37	35.00	12.98	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	bol		6.92	26.50	183.26	
AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.21	5.68	1.19	
RESIDUOS DE CERÁMICA	Kg		73.48	0.00	0.00	
EQUIPOS					S/. 32.46	
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3	hm	1.00	0.40	50.00	20.00	
VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1.00	0.40	25.00	10.00	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.00		2.46	

Figura 25: Costo de un metro cúbico de concreto con diferentes porcentajes de adición



Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO 14: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 26: *Chancado primario de residuos de cerámica*



Fuente: Laboratorio de metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo, 2019

Figura 27: *Chancado secundario de residuos de cerámica*



Fuente: Laboratorio de metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo, 2019

Figura 28: *Chancado terciario de residuos de cerámica*



Fuente: Laboratorio de metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo, 2019

Figura 29: *Granulometría del agregado fino y grueso*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 30: *Contenido de humedad del agregado fino y grueso*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 31: *Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 32: *Peso unitario suelto y compactado del agregado fino*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 33: *Asentamiento del concreto con adición de residuos de cerámica*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 34: *Peso específico del agregado grueso*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 35: *Peso específico del agregado fino*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 36: *Probetas con diferentes porcentajes de adición de residuos de cerámica*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019

Figura 37: *Probetas sometidas a la máquina de compresión.*



Fuente: Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, 2019


ANEXO 15: TABLAS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO (NTP 400.012 / ASTM C-136) </div> </div>								
DATOS DE LA MUESTRA								
Agregado:		AGREGADO FINO						
Procedencia :		CANTERA "EL MILAGRO"						
						Peso Inicial Seco : 2000.0 gr.		
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 Tabla N° 02		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000					100.0	100.0	Características Físicas Módulo de Fineza : 2.87 Contenido de Humedad: 1.24 %
2"	50.000					100.0	100.0	
1 1/2"	37.500					100.0	100.0	
1"	25.000					100.0	100.0	
3/4"	19.000					100.0	100.0	
1/2"	12.500					100.0	100.0	Parametros de Control NTP 400.037 Tabla N° 01
3/8"	9.500				100.0	100.0	100.0	
N° 4	4.750	90.0	4.50	4.50	95.50	95.0	100.0	
N° 8	2.360	270.0	13.50	18.00	82.00	80.0	100.0	
N° 16	1.180	220.0	11.00	29.00	71.00	50.0	85.0	
N° 30	0.600	365.0	18.25	47.25	52.75	25.0	60.0	
N° 50	0.300	840.0	42.00	89.25	10.75	5.0	30.0	
N° 100	0.150	190.0	9.50	98.75	1.25	0.0	10.0	
Fondo		25.0	1.25	100.00	0.00	0.0	0.0	2000.0

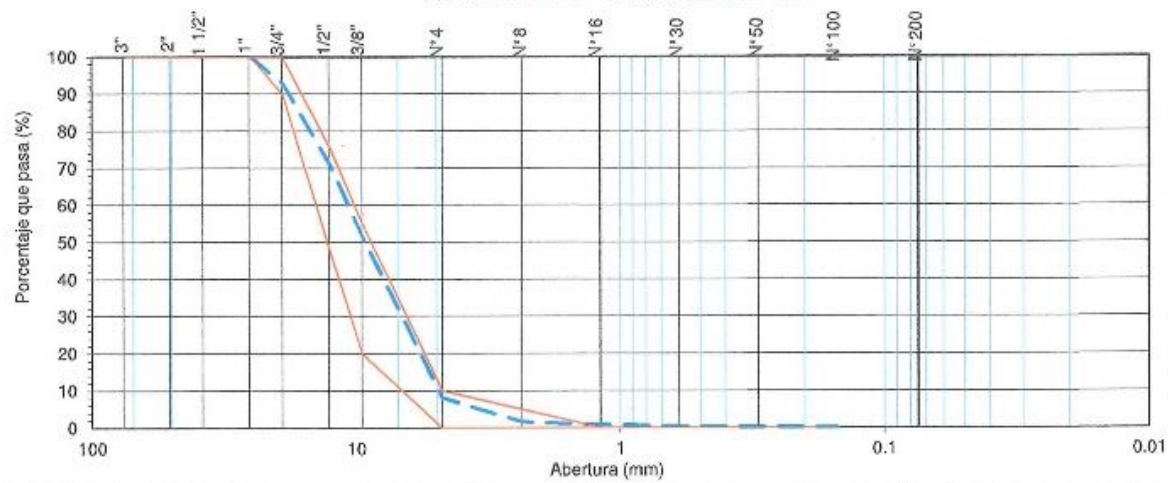
Curva Granulométrica
Arena Natural Zarandeada - Cantera "EL MILAGRO"

OBSERVACIONES:




TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
	 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil	

		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO (NTP 400.012 / ASTM C-136)						
DATOS DE LA MUESTRA								
Agregado: AGREGADO GRUESO		Tamaño Máx. Nominal (TMN) : 3/4"						
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"		Tamaño Máx. (TM) : 1"						
		Peso Inicial Seco : 3100.0 gr.						
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037 HUSO 67		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000					100.0	100.0	
2"	50.000					100.0	100.0	
1 1/2"	37.500					100.0	100.0	
1"	25.000				100.0	100.0	100.0	
3/4"	19.000	220.0	7.1	7.1	92.9	90.0	100.0	Características Físicas
1/2"	12.500	695.0	22.4	29.5	70.5	47.0	75.0	Módulo de Fineza : 6.74
3/8"	9.500	585.0	18.9	48.4	51.6	20.0	55.0	Cont. de Humedad: 0.64 %
Nº 4	4.750	1350.0	43.5	91.9	8.1	0.0	10.0	Parámetros de Control NTP 400.037 Tabla Nº 04
Nº 8	2.360	200.0	6.5	98.4	1.6	0.0	5.0	Huso 67
Nº 16	1.180	25.0	0.8	99.2	0.8	0.0	0.0	Mf mín : 6.3
Nº 30	0.600	15.0	0.5	99.7	0.3	0.0	0.0	Mf max : 6.90
Nº 50	0.300	4.0	0.1	99.8	0.2	0.0	0.0	
Nº 100	0.150	4.0	0.1	99.9	0.1	0.0	0.0	
Fondo		2.0	0.1	100.0	0.0			3100.0



Curva Granulométrica
 Piedra TMN 3/4" - Cantera EL MILAGRO



OBSERVACIONES:

TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
	 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civ.	

 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185 / ASTM C-566)				
DATOS DE LA MUESTRA				
Agregado: AGREGADO FINO				
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"				
Fecha y hora de inicio: 04/02/2019, 10:10am				
Fecha y hora finalizada: 05/02/2019, 10:10am				
N° Muestra	Muestra húmeda (g)	Masa seca (g)	W (%) Humedad individual	W promedio (%)
CH-1	500	494.10	1.19	1.24
CH-2	500	493.50	1.32	
CH-3	500	494.00	1.21	
OBSERVACIONES:				
TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ	
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
	 Asistente de Laboratorio, Carrera de Ingeniería Civ.			

 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO (NTP 339.185 / ASTM C-566)				
DATOS DE LA MUESTRA				
Agregado: AGREGADO GRUESO			TN: 1"	
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"			TMN: 3/4"	
Fecha y hora de inicio:			04/02/2019,	10:30am
Fecha y hora finalizada:			05/02/2019,	10:30am
Nº Muestra	Muestra húmeda (g)	Masa seca (g)	W (%) Humedad individual	W promedio (%)
CH-1	3000	2979.50	0.69	0.64
CH-2	3000	2982.50	0.59	
CH-3	3000	2981.00	0.64	
OBSERVACIONES:				
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil		

 PESO UNITARIO SECO SUELTO (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
Agregado:		AGREGADO FINO			
Procedencia :		CANTERA "EL MILAGRO"			
N° Muestra	Peso del recipiente + agregado suelto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco suelto - PUSS (kg/m3)	PUSS -Promedio (KG/M3)
PUSS-1	26.68	5.52	0.014006	1510.83	1519,40
PUSS-2	26.762	5.52	0.014006	1516.68	
PUSS-3	26.958	5.52	0.014006	1530.68	
OBSERVACIONES:					1520
TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ		
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
	 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Ci				

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> PESO UNITARIO SECO SUELTO (NTP 400.017 / ASTM C-29) </div> </div>					
DATOS DE LA MUESTRA					
Agregado: AGREGADO GRUESO			TN: 1" -		
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"			TMN: 3/4"		
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado suelto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco suelto - PUS (kg/m3)	PUS -Promedio (KG/M3)
PUS-1	26.330	5.52	0.014006	1485.84	1504.35
PUS-2	26.820	5.52	0.014006	1520.82	
PUS-3	26.618	5.52	0.014006	1506.40	
OBSERVACIONES:					1500
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil			

 PESO UNITARIO SECO COMPACTO (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
Agregado:		AGREGADO FINO			
Procedencia :		CANTERA "EL MILAGRO"			
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado Compacto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco compacto - PUSC (kg/m3)	PUSC -Promedio (KG/M3)
PUSS-1	28.306	5.52	0.014006	1626.92	1634.59
PUSS-2	28.364	5.52	0.014006	1631.07	
PUSS-3	28.570	5.52	0.014006	1645.77	
OBSERVACIONES:					1630
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA	
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil			

 PESO UNITARIO SECO COMPACTO (NTP 400.017 / ASTM C-29)					
DATOS DE LA MUESTRA					
Agregado: AGREGADO GRUESO			TN: 1"		
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"			TMN: 3/4"		
Nº Muestra	Peso del recipiente + agregado Compacto (kg)	Masa del recipiente (kg)	Volumen del recipiente (m3)	Peso unitario seco compacto - PUSC (kg/m3)	PUSC -Promedio (KG/M3)
PUSS-1	27.850	5.52	0.014006	1594.37	1584.47
PUSS-2	27.770	5.52	0.014006	1588.65	
PUSS-3	27.514	5.52	0.014006	1570.38	
OBSERVACIONES:					1580
TESISTA	COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR		
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ		
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
	 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil				

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (NTP 400.022 / ASTM C-127) </div> </div>							
DATOS DE LA MUESTRA							
Agregado:		AGREGADO FINO					
Procedencia:		CANTERA "EL MILAGRO"					
DATOS DEL AGREGADO GRUESO							
N° Muestra	1		2		3		
Muestra (g)	500.00		500.00		500.00		
Peso de fiola (g)	167.30		167.13		167.09		
Peso de fiola + muestra (g)	667.30		667.13		667.09		
Peso de fiola + muestra + agua (g)	984.08		982.65		982.79		
N° Muestra	Peso en gramos o volumen en cm3 de agua añadida al frasco (g) (Va)	Volumen de la fiola (cm3) (V)	Peso en el aire de la muestra seca al horno (g) (Wo)	Peso específico de masa (PEM)	Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	Peso específico aparente (Pea)	ABSORCIÓN (%)
1	316.78	500.00	497.54	2715.56	2728.99	2752.52	0.49
2	315.52	500.00	497.93	2699.10	2710.32	2729.73	0.42
3	315.70	500.00	498.51	2704.88	2712.97	2726.93	0.30
Promedio				2706.52	2717.43	2736.39	0.40
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ			
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil					

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (NTP 400.021 / ASTM C-127) </div> </div>							
DATOS DE LA MUESTRA							
Agregado: AGREGADO GRUESO				TN: 1"			
Procedencia : CANTERA "EL MILAGRO"				TMN: 3/4"			
DATOS DEL AGREGADO GRUESO							
N° Muestra	1		2		3		
Peso de tara (g)	1740.00		1740.00		1740.00		
P. tara + muestra saturada (g)	4775.50		4775.95		4775.70		
P. tara + muestra seca (g)	4725.00		4720.00		4715.00		
P. muestra seca (g)	2985.00		2980.00		2975.00		
P. muestra saturada	3035.50		3035.95		3035.70		
N° Muestra	Peso de la muestra seca en el aire (g) (A)	Peso saturada superficialmente (g) (B)	Peso en el agua de la muestra saturada (g) (C)	Peso específico de masa (PEM)	Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	Peso específico aparente (Pea)	ABSORCIÓN (%)
1	2985.00	3035.50	1896.52	2620.77	2665.10	2742.36	1.69
2	2980.00	3035.95	1896.86	2616.12	2665.24	2751.26	1.88
3	2975.00	3035.70	1896.58	2611.67	2664.95	2758.67	2.04
Promedio				2616.18	2665.10	2750.76	1.87
TESISTA		COORDINADOR DE LABORATORIO		ASESOR			
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ			
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil					

ANEXO 16: GUÍAS DE OBSERVACIÓN

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PROYECTO	INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019			
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 0% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
0RC-1	14	20.32	10.16	81.07	14,668	
0RC-2	14	20.32	10.16	81.07	14,848	
0RC-3	14	20.32	10.16	81.07	14,525	
0RC-4	14	20.32	10.16	81.07	14,718	
0RC-5	21	20.32	10.16	81.07	16,879	
0RC-6	21	20.32	10.16	81.07	17,217	
0RC-7	21	20.32	10.16	81.07	17,069	
0RC-8	21	20.32	10.16	81.07	16,928	
0RC-9	28	20.32	10.16	81.07	19,535	
0RC-10	28	20.32	10.16	81.07	20,815	
0RC-11	28	20.32	10.16	81.07	18,954	
0RC-12	28	20.32	10.16	81.07	19,214	
TESISTA		ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ			ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA	
					 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil	

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO				
	PROYECTO	INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019			


GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 5% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto 
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
5RC-1	14	20.32	10.16	81.07	14,727	
5RC-2	14	20.32	10.16	81.07	14,419	
5RC-3	14	20.32	10.16	81.07	14,728	
5RC-4	14	20.32	10.16	81.07	14,649	
5RC-5	21	20.32	10.16	81.07	16,860	
5RC-6	21	20.32	10.16	81.07	16,248	
5RC-7	21	20.32	10.16	81.07	17,271	
5RC-8	21	20.32	10.16	81.07	16,898	
5RC-9	28	20.32	10.16	81.07	18,504	
5RC-10	28	20.32	10.16	81.07	18,420	
5RC-11	28	20.32	10.16	81.07	17,969	
5RC-12	28	20.32	10.16	81.07	18,731	

TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROYECTO	INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019				
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 10% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
10RC-1	14	20.32	10.16	81.07	16,176	
10RC-2	14	20.32	10.16	81.07	16,453	
10RC-3	14	20.32	10.16	81.07	15,987	
10RC-4	14	20.32	10.16	81.07	16,096	
10RC-5	21	20.32	10.16	81.07	18,988	
10RC-6	21	20.32	10.16	81.07	18,629	
10RC-7	21	20.32	10.16	81.07	18,643	
10RC-8	21	20.32	10.16	81.07	17,437	
10RC-9	28	20.32	10.16	81.07	19,983	
10RC-10	28	20.32	10.16	81.07	19,707	
10RC-11	28	20.32	10.16	81.07	19,756	
10RC-12	28	20.32	10.16	81.07	20,580	
TESISTA		ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ			ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA	
					 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil	




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
		PROYECTO INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019				
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 15% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
15RC-1	14	20.32	10.16	81.07	16,363	
15RC-2	14	20.32	10.16	81.07	16,555	
15RC-3	14	20.32	10.16	81.07	15,851	
15RC-4	14	20.32	10.16	81.07	16,275	
15RC-5	21	20.32	10.16	81.07	18,578	
15RC-6	21	20.32	10.16	81.07	17,959	
15RC-7	21	20.32	10.16	81.07	18,048	
15RC-8	21	20.32	10.16	81.07	18,277	
15RC-9	28	20.32	10.16	81.07	19,676	
15RC-10	28	20.32	10.16	81.07	19,985	
15RC-11	28	20.32	10.16	81.07	19,604	
15RC-12	28	20.32	10.16	81.07	18,941	
TESISTA		ASESOR		LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ		ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR		
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA		
				 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil		




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
		PROYECTO INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019				
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 20% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto 
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
20RC-1	14	20.32	10.16	81.07	14,986	
20RC-2	14	20.32	10.16	81.07	15,098	
20RC-3	14	20.32	10.16	81.07	14,943	
20RC-4	14	20.32	10.16	81.07	14,859	
20RC-5	21	20.32	10.16	81.07	17,191	
20RC-6	21	20.32	10.16	81.07	16,364	
20RC-7	21	20.32	10.16	81.07	16,827	
20RC-8	21	20.32	10.16	81.07	16,697	
20RC-9	28	20.32	10.16	81.07	18,528	
20RC-10	28	20.32	10.16	81.07	17,918	
20RC-11	28	20.32	10.16	81.07	18,254	
20RC-12	28	20.32	10.16	81.07	18,137	
TESISTA		ASESOR			LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO	
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA		ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ			ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR	
NOMBRE Y FIRMA		NOMBRE Y FIRMA			NOMBRE Y FIRMA	
					 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil	




LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		PROYECTO INFLUENCIA DE RESIDUOS DE CERÁMICA COMO SUSTITUCIÓN PORCENTUAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2019				
GUÍA DE OBSERVACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 25% DE ADICIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA						
N° Probetas	Edad de ensayo (días)	DIMENSIONES		Área (cm ²)	Carga aplicada (kg)	Imagen - probeta de concreto 
		Altura (cm)	Diámetro (cm)			
25RC-1	14	20.32	10.16	81.07	12,588	
25RC-2	14	20.32	10.16	81.07	12,452	
25RC-3	14	20.32	10.16	81.07	12,035	
25RC-4	14	20.32	10.16	81.07	12,258	
25RC-5	21	20.32	10.16	81.07	14,151	
25RC-6	21	20.32	10.16	81.07	14,654	
25RC-7	21	20.32	10.16	81.07	14,492	
25RC-8	21	20.32	10.16	81.07	14,257	
25RC-9	28	20.32	10.16	81.07	15,687	
25RC-10	28	20.32	10.16	81.07	15,996	
25RC-11	28	20.32	10.16	81.07	15,773	
25RC-12	28	20.32	10.16	81.07	15,882	

TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
BR. ARMANDO EDWAR ROJAS LEDESMA	ING. ALBERTO RUBÉN VASQUEZ DÍAZ	ASIST. GREGORIO A. GANOZA AGUILAR
NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		 Asistente de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil

ANEXO 17: DATOS ANALISADOS EN EL PROGRAMA SPSS

	 Resistencias	 Porcentajes	 Días
1	180,93	0	14
2	183,15	0	14
3	179,17	0	14
4	181,55	0	14
5	181,66	5	14
6	177,86	5	14
7	181,67	5	14
8	180,70	5	14
9	199,53	10	14
10	202,95	10	14
11	197,20	10	14
12	198,54	10	14
13	201,84	15	14
14	204,21	15	14
15	195,52	15	14
16	200,75	15	14
17	184,85	20	14
18	186,23	20	14
19	184,32	20	14
20	183,29	20	14
21	155,27	25	14
22	153,60	25	14
23	148,45	25	14
24	151,20	25	14

	 Resistencias	 Porcentajes	 Días
1	208,20	0	21
2	212,37	0	21
3	210,55	0	21
4	208,81	0	21
5	207,97	5	21
6	200,42	5	21
7	213,04	5	21
8	208,44	5	21
9	234,22	10	21
10	229,79	10	21
11	229,96	10	21
12	215,09	10	21
13	229,16	15	21
14	221,52	15	21
15	222,62	15	21
16	225,45	15	21
17	212,05	20	21
18	201,85	20	21
19	207,56	20	21
20	205,96	20	21
21	174,55	25	21
22	180,76	25	21
23	178,76	25	21
24	175,86	25	21

	 Resistencias	 Porcentajes	 Días
1	240,96	0	28
2	256,75	0	28
3	233,80	0	28
4	237,01	0	28
5	228,25	5	28
6	227,21	5	28
7	221,65	5	28
8	231,05	5	28
9	246,49	10	28
10	243,09	10	28
11	243,69	10	28
12	253,85	10	28
13	242,70	15	28
14	246,52	15	28
15	241,82	15	28
16	233,64	15	28
17	228,54	20	28
18	221,02	20	28
19	225,16	20	28
20	223,72	20	28
21	193,50	25	28
22	197,31	25	28
23	194,56	25	28
24	195,90	25	28

ANEXO 18: CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS




CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar, hace constar por medio de la presente que el Sr. Armando Edwar Rojas Ledesma, identificada con D.N.I N° 72580171, ha realizado los ensayos de: Contenido de humedad, Granulometría, Peso Unitario, Peso Específico y Absorción de los Agregados; además de Ensayos de Resistencia a la Compresión en las instalaciones del **Laboratorio de Concreto y Estructuras** de esta universidad, requeridos para la tesis “Influencia de Residuos de Cerámica como Sustitución Porcentual del Cemento sobre la resistencia a la Compresión del Concreto, Trujillo-2019.”; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 22 de abril del 2019



Gregorio A. Ganoza Aguilar
Asistente de Laboratorio